



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ - ΑΓΡΟΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ

ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΕΣ ΕΔΑΦΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΤΗΣ ΑΡΑΧΙΔΑΣ ΚΑΙ Η
ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΤΗΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΜΕΛΕΤΗ
ΤΗΣ ΦΟΙΤΗΤΡΙΑΣ

ΒΑΛΑΡΗ ΣΑΝΝΑ ΜΑΡΙΑ

ΛΑΡΙΣΑ, 2025



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ - ΑΓΡΟΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ

ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΕΣ ΕΔΑΦΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΤΗΣ ΑΡΑΧΙΔΑΣ ΚΑΙ Η
ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΤΗΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΜΕΛΕΤΗ
ΤΗΣ ΦΟΙΤΗΤΡΙΑΣ

ΒΑΛΑΡΗ ΣΑΝΝΑ ΜΑΡΙΑ

Τριμελής Επιτροπή: Γκουγκουλιάς Νικόλαος (Επιβλέπων)
Αλαμανής Νικόλαος
Λιάκος Βασίλειος

ΛΑΡΙΣΑ, 2025

Περιεχόμενα

Ευχαριστίες	6
Περίληψη	7
Εισαγωγή	9
Κεφάλαιο 1. Εδαφικές απαιτήσεις της αραχίδας	10
1.1 Φυσικές ιδιότητες εδάφους	10
1.1.1 Πορώδες	10
1.1.2 Χρώμα εδάφους	10
1.1.3 Θερμοκρασία εδάφους	12
1.1.4 Δομή εδάφους	13
1.2 Χημικές ιδιότητες εδάφους.....	14
1.2.1 Ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων	14
1.2.2 Ικανότητα ανταλλαγής ανιόντων	15
1.2.3 Οξύτητα του εδάφους (pH)	15
1.2.4 Αλκαλικά, αλατούχα και νατριομένα εδάφη	16
1.3 Βιολογικές ιδιότητες εδάφους	19
1.3.1 Οργανική ουσία	19
1.3.2 Ένζυμα εδάφους	20
1.3.3 Μικροπανίδα, μεσοπανίδα και μακροπανίδα	21
Κεφάλαιο 2. Καλλιέργεια της αραχίδας (<i>Arachis hypogaea</i> L.).....	24
2.1 Προέλευση και ιστορική εξέλιξη	24
2.2 Βοτανική περιγραφή	25
2.3 Ποικιλίες	28
2.4 Κλιματικοί και εδαφικοί παράγοντες που επηρεάζουν την καλλιέργεια της αραχίδας	29
2.4.1 Θερμοκρασία – Βροχόπτωση	29
2.4.2 Έδαφος	30
2.5 Άρδευση	30

2.6 Θρέψη	32
2.7 Συγκομιδή, Ξήρανση και Αποθήκευση	33
2.8 Η καλλιέργεια της αραχίδας σε παγκόσμιο επίπεδο και στην Ελλάδα	34
Κεφάλαιο 3.1 Αποτελέσματα ανασκόπησης και συζήτηση ..	37
Κεφάλαιο 3.2 Συμπεράσματα	44

Περιεχόμενοι πίνακες

Πίνακας 1. Συνολικές εκτάσεις και συνολική παραγωγή αραχίδας σε παγκό- σμιο επίπεδο (σε στρέμματα και τόνους, αντίστοιχα)	34
Πίνακας 2. Εκτάσεις αραχίδας συνολικά στην Ελλάδα και ειδικά στην Θεσσαλία ανά έτος (σε στρέμματα)	35
Πίνακας 3. Παραγωγή αραχίδας συνολικά στην Ελλάδα και ειδικά στην Θεσσαλία ανά έτος (σε τόνους)	36

Περιεχόμενες εικόνες

Εικόνα 1. Χρώματα συστατικών στο υπέδαφος.....	11
Εικόνα 2. Αραχίδα	24
Εικόνα 3. Φυτό αραχίδας	26
Εικόνα 4. Άνθη αραχίδας	27
Εικόνα 5. Φύλλα φυτού αραχίδας	27
Εικόνα 6. Καρπός αραχίδας	28

Ευχαριστίες

Η παρούσα πτυχιακή εργασία εκπονήθηκε υπό την επίβλεψη του καθηγητή Εδαφολογίας Γκουγκουλιά Νικόλαο, τον οποίο και ευχαριστώ θερμά για την βοήθειά και την υποστήριξη. Η καθοδήγησή του ήταν εξαιρετικά απαραίτητη και κατατοπιστική τόσο σε επιστημονικό επίπεδο όσο και σε επίπεδο συμβουλών για την όσο γίνεται καλύτερη διεκπεραίωση της εργασίας μου.

Περίληψη

Η συγκεκριμένη ερευνητική πτυχιακή διατριβή εκπονήθηκε με σκοπό την ανάλυση των απαιτούμενων εδαφικών συνθηκών και της καλλιέργειας της αραχίδας. Στο πρώτο κεφάλαιο αναφέρονται οι εδαφικές απαιτήσεις της καλλιέργειας της αραχίδας ξεκινώντας την ανάλυση των φυσικών ιδιοτήτων του εδάφους, συνεχίζοντας με τις χημικές ιδιότητες και τέλος, με τις βιολογικές ιδιότητες. Στο δεύτερο κεφάλαιο, αναλύεται γενικά η καλλιέργεια και γίνεται μια εκτενής αναφορά στην προέλευση και την ιστορική εξέλιξη της καλλιέργειας, την βοτανική περιγραφή, τους κλιματικούς και εδαφικούς παράγοντες που επηρεάζουν την καλλιέργεια της αραχίδας, τις ποικιλίες, την άρδευση και την θρέψη, την συγκομιδή, την ξήρανση και την αποθήκευση και την εικόνα που παρουσιάζει η καλλιέργεια της αραχίδας τόσο στην Ελλάδα, όσο και σε παγκόσμιο επίπεδο. Στο τρίτο κεφάλαιο γίνεται μία συζήτηση σχετικά με πειράματα που διεξήχθησαν ανά τον κόσμο και η πτυχιακή διατριβή ολοκληρώνεται με το τέταρτο και τελευταίο κεφάλαιο, όπου αναφέρονται τα συμπεράσματα που προέκυψαν για την καλλιέργεια από τα πειράματα που παρατέθηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο.

Abstract

This specific research thesis was prepared in order to analyze the required soil conditions and the cultivation of groundnut. In the first chapter, the soil requirements of groundnut cultivation are mentioned, starting with the analysis of the physical properties of the soil, continuing with the chemical properties and finally, with the biological properties. In the second chapter, the crop is analyzed in general and an extensive reference is made to the origin and historical development of the crop, botanical description, climatic and soil factors affecting groundnut cultivation, varieties, irrigation and nutrition, harvesting, drying and storage and the image presented by groundnut cultivation both in Greece and globally. In the third chapter there is a discussion about experiments carried out around the world and the thesis concludes with the fourth and last chapter, where the conclusions reached for cultivation from the experiments listed in the previous chapter are reported.

Εισαγωγή

Στη σύγχρονη κοινωνία, και ιδίως τα τελευταία χρόνια, ο πρωτογενής τομέας βάλλεται συνεχώς και χαρακτηρίζεται από έντονη αβεβαιότητα. Πιο συγκεκριμένα, η εποχικότητα του εισοδήματος, ο αυξανόμενος ανταγωνισμός των αγροτικών προϊόντων, καθώς και οι αλλαγές των περιβαλλοντικών συνθήκες συμβάλλουν στην ένταση του προβλήματος. Είναι επιτακτική ανάγκη όλες οι χώρες, συμπεριλαμβανομένου σαφώς και της Ελλάδας, να αναπτύξουν ανταγωνίσheimer καλλιέργειες παραγωγής προϊόντων, όπως π.χ. η αραχίδα.

Η αραχίδα στην Ελλάδα είναι καλής ποιότητας με μεγάλη ζήτηση, πρέπει οι αγρότες να αυξήσουν τις εκτάσεις αραχίδας, για να καλυφθούν οι ανάγκες στο εσωτερικό και να μειωθούν οι εισαγωγές που προέρχονται από την Κίνα και ΗΠΑ.

Η ζήτηση σε τοπικά προϊόντα ποιότητας, η σημασία της μεσογειακής διατροφής, η κατανάλωση των ξηρών καρπών και η χρήσης τους στην βιομηχανία, όπως και η εντατική καλλιέργεια των εδαφών, ήταν η αιτία να ασχοληθώ με την αραχίδα στην παρούσα εργασία.

Μεγάλες εκτάσεις καλλιέργειας αραχίδας υπάρχουν στην Ασία και στην Αφρική. Καταναλώνεται ως ξηρός καρπός ή ως φιστικέλαιο. Η παραγωγή της επηρεάζεται είναι την άρδευση, η θερμοκρασία, την γονιμότητα του εδάφους, την θερμοκρασία του εδάφους, εχθρούς και ασθένειες κατά την καλλιέργεια. Η Ελλάδα διαθέτει κατάλληλα εδάφη και κατάλληλες κλιματολογικές συνθήκες για την εγκατάσταση της καλλιέργειας, όμως οι καλλιεργούμενες εκτάσεις είναι σχεδόν μηδαμινές.

Στην παρούσα πτυχιική εργασία παραθέτονται και αναλύονται αρκετές ενότητες. Πιο συγκεκριμένα, από τις γενικές πληροφορίες των πρώτων δύο κεφαλαίων που αφορούν τα εδάφη και τις καλλιεργητικές τεχνικές της καλλιέργειας, καταλήγει στο πιο ειδικό κεφάλαιο. Αυτό το κεφάλαιο είναι της ανάλυσης των πειραμάτων που έγιναν σε διάφορα γεωγραφικά μήκη και πλάτη του πλανήτη. Η διαπίστωση που γίνεται είναι ότι η καλλιέργεια της αραχίδας είναι μία καλλιέργεια η οποία εάν καλλιεργηθεί στα κατάλληλα εδάφη με άρδευση έχει υψηλές αποδόσεις, και κατά συνέπεια υψηλές απολαβές. Η καλλιέργεια της δεν μπορεί να ανταγωνισθεί κερδοφόρες καλλιέργειες, όπως το βαμβάκι και η τομάτα γιατί η οικονομική σημασία της είναι μικρή.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ

ΕΛΑΦΙΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΤΗΣ ΑΡΑΧΙΔΑΣ

1.1 Φυσικές ιδιότητες του εδάφους

1.1.1 Πορώδες

Πορώδες του εδάφους είναι το ποσοστό του όγκου του που περιέχει τον οποίο η υγρή και η αέρια φάση. Πιο συγκεκριμένα, τα στερεά συστατικά του εδάφους έχουν διάφορα μεγέθη και σχήματα και η κατανομή τους γίνεται με τέτοιο τρόπο στο έδαφος όπου δημιουργούνται κενοί χώροι διαφόρων μεγεθών. Επομένως, το σύνολο των κενών αυτών χώρων προς τον συνολικό χώρο του αδιατάραχτου εδάφους λέγεται πορώδες και εκφράζεται πάντα επί τοις εκατό (%) σε όγκο κατά όγκο (% v/v) (Μπιλάλης κ.ά., 2019). Το πορώδες εξαρτάται από το μέγεθος των εδαφικών τεμαχιδίων.

1.1.2 Χρώμα εδάφους

Το χρώμα του εδάφους βοηθά στην ερμηνεία των ιδιοτήτων του εδάφους από τους γεωπόνους και από τους παραγωγούς. Είναι το πρώτο χαρακτηριστικό που μπορεί να παρατηρήσει κάποιος όταν μελετά και θέλει να περιγράψει το προφίλ ενός εδάφους. Ιδιότητες που σχετίζονται με το χρώμα του εδάφους είναι η οργανική ουσία, η διήθηση και ο αερισμός του (Μπιλάλης κ.ά., 2019). Σύμφωνα με τον Πιστόλη (2014), η θέρμανση του εδάφους επηρεάζεται σημαντικά από το χρώμα του εδάφους. Πιο συγκεκριμένα, τα εδάφη με σκοτεινό χρώμα παρατηρείται ότι έχουν μεγαλύτερη θερμοχωρητικότητα σε σχέση με τα πιο ανοιχτού χρώματος εδάφη. Το φαινόμενο αυτό οφείλεται στην ηλιακή ακτινοβολία που απορροφάται και μετατρέπεται σε θερμότητα αντί να προκληθεί αντανάκλαση. Να αναφερθεί ότι τα σκουρόχρωμα εδάφη είναι και πιο πλούσια σε οργανική ύλη, κατά συνέπεια έχουν και υψηλότερη παραγωγικότητα. Επίσης, έχει παρατηρηθεί ότι οι ταχύτητες εξάτμισης είναι υψηλότερες όταν η θερμική ενέργεια που λαμβάνει το έδαφος είναι μεγαλύτερη. Αυτό σημαίνει ότι ένα σκούρο έδαφος θα στεγνώσει με μεγαλύτερη ταχύτητα κάτω από τις ίδιες συνθήκες σε σύγκριση με ένα ανοιχτό έδαφος (Μπιλάλης κ.ά., 2019).

Τα χρώματα του εδάφους δεν είναι συνήθως καθαρά αλλά μείγματα χρωμάτων, όπως για παράδειγμα γκρι και καφέ, και αποτελεί μία σύνθεση των χρωμάτων των συστατικών του (Εικόνα 1). Την μεγαλύτερη επιρροή στο χρώμα του εδάφους έχει το κολλοειδές και είναι τα εξής:

1. ο χούμος έχει καστανό ή μαύρο χρώμα,
2. τα υδροξείδια του σιδήρου ποικίλουν σε χρώμα και μπορεί να είναι κόκκινα, σκούρα καφέ ή κίτρινα και αυτό εξαρτάται από τον βαθμό ενυδάτωσης. Τα εδάφη αυτά έχουν μικρότερη θερμοχωρητικότητα από τα σκοτεινόχρωμα, όμως θερμαίνονται με μεγαλύτερη ταχύτητα,
3. ο χαλαζίας είναι ως επί το πλείστον λευκός,
4. οι ασβεστόλιθοι είναι άσπροι, γκρι ή και ελαιοπράσινοι πιο σπάνια, και
5. τα άλατα του Al έχουν χρώμα γκρι, λευκό ή κόκκινο και αυτό καθορίζεται από τον τύπο και την ποσότητα των επιχρισμάτων του σιδήρου.



Εικόνα 1. Χρώματα συστατικών στο υπέδαφος,

Πηγή: <https://tinyurl.com/yh5ukvva>

Η αραχίδα είναι μία καλλιέργεια που προτιμά τόσο τα ελαφριά όσο και τα βαριά εδάφη. Το φυτόχωμα πρέπει να έχει χαμηλή περιεκτικότητα σε άργιλο (λιγότερο από 20%) με χαλαρή δομή προκειμένου οι γυνοφόροι να μπορούν να διεισδύσουν ελεύθερα στο έδαφος. Εδάφη με υψηλό ποσοστό αργίλου στο φυτόχωμα είναι πιθανό να επηρεάσουν αρνητικά την συγκομιδή καθώς υπάρχει κίνδυνος σπάσιμος των λοβών αραχίδας. Ο σπόρος πρέπει να είναι σε βάθος, χωρίς στρώματα συμπίεσης, για να χωράει το ριζικό σύστημα φυτών αραχίδας. Τα ρηχά εδάφη πρέπει να αποφεύγονται λόγω του χαμηλού νερού ικανότητα συγκράτησης, καθώς και δυνατότητα καταγραφής

νερού. Τα εδάφη που κρίνονται κατάλληλα για την παραγωγή φιστικιών είναι επομένως τυπικά βαθιά (900-1200 mm), άδομα κίτρινα, κιτρινοκόκκινα ή κόκκινα εδάφη με αμμοπηλώδη έως αμμώδη (Cilliers, n.d.).

1.1.3 Θερμοκρασία εδάφους

Η θερμοκρασία του εδάφους έχει σημαντικό ρόλο στο έδαφος καθώς αποτελεί σημαντικό αποθηκευτικό χώρο θερμότητας. Την ημέρα έχει τον ρόλο της πηγής ενέργειας και κατά την διάρκεια της νύχτας είναι πηγή θερμότητας για την επιφάνεια του εδάφους. Το έδαφος αποθηκεύει ενέργεια κατά τη ζεστή περίοδο και την απελευθερώνει στον αέρα σε κρύες περιόδους (Geiger et al., 2003). Η θερμοκρασία του εδάφους εξαρτάται από την αναλογία της ενέργειας που απορροφάται προς αυτή που χάνεται από το χώμα. Κυμαίνεται ετησίως και καθημερινά, επηρεασμένη από θερμοκρασιακές διακυμάνσεις του αέρα και της ηλιακής ακτινοβολίας (Wu and Nofziger, 1999).

Μία από τις πιο σημαντικές επιδράσεις της θερμοκρασίας του εδάφους στην ανάπτυξη των φυτών είναι η υγρασία του εδάφους και κυρίως σε μεσογειακές συνθήκες. Στις περιοχές με θερμότερο κλίμα τα εδάφη περιέχουν υψηλότερα ποσοστά οξειδίων σιδήρου και αργιλίου σε σχέση με τα εδάφη σε εύκρατα κλίματα (Μπιλάλης κ.ά., 2019). Χαρακτηριστικό χρώματα αναγνώρισης των εδαφών αυτών που περιέχουν αυτά τα οξείδια είναι το κόκκινο και το κίτρινο-καφέ. Επίσης, αξίζει να αναφερθεί ότι η θερμοκρασία του εδάφους εξαρτάται από την ηλιακή ακτινοβολία και από την αγωγιμότητα που προέρχεται από το εσωτερικό της γης. Διάφοροι παράγοντες, είτε εσωτερικοί (εδάφους) είτε εξωτερικοί (περιβάλλοντος), επηρεάζουν την θερμοκρασία του εδάφους και είναι οι εξής:

1. εξωτερικοί (περιβαλλοντικοί) παράγοντες
 - βροχόπτωση,
 - εξάτμιση,
 - βλάστηση,
 - ακτινοβολία από το φως του ηλίου,
 - ακτινοβολία από τον ουρανό, και
 - παραγόμενη θερμότητα από την ατμόσφαιρα
2. εσωτερικοί (εδάφους) παράγοντες
 - δομή και υγρασία,

- θερμική αγωγιμότητα και διάχυση,
- ακτινοβολία από το έδαφος,
- θερμοκρασία, και
- διαλυτά άλατα.

Η θερμοκρασία του εδάφους επηρεάζει τις ιδιότητες του εδάφους κατά ανάπτυξη των φυτών. Επηρεάζει τις ανταλλαγές αερίων της ατμόσφαιρας και του εδάφους (Lehnert, 2014). Σύμφωνα με τον Pardini et al. (2004) η υψηλή θερμοκρασία εδάφους οδηγεί σε ρωγμές που προκαλούνται από την θερμότητα στα σωματίδια που έχουν το μέγεθος άμμου, που τελικά οδηγούν σε κατάρρευση και κατά συνέπεια σε μειωμένη ποσότητα σωματιδίων μεγέθους άμμου στο έδαφος. Η αύξηση της θερμοκρασίας του εδάφους μειώνει την περιεκτικότητα σε άμμο και άργιλο και αυξάνει την περιεκτικότητα σε λάσπη (Assaf et al., 2014).

1.1.4 Δομή εδάφους

Δομή του εδάφους είναι η διάταξη των τεμαχιδίων του εδάφους στον χώρο, επηρεάζει το μέγεθος των πόρων, την συγκράτηση νερού, θρεπτικών συστατικών και την ανάπτυξη των ριζών (Lal and Bronick, 2005). Η καλή δομή του εδάφους παίζει σημαντικό ρόλο για την βελτίωση της γονιμότητας του εδάφους, την αύξηση της αγρονομικής παραγωγικότητας, την ενίσχυση του πορώδους και τη μείωση της διαβρωσιμότητας.

Από την χωροταξική ποικιλομορφία των στερεών συστατικών των συσσωματωμάτων υπάρχουν άμεσες και έμμεσες επιδράσεις. Άμεσες είναι εκείνες που επιδρούν στις συνθήκες συγκράτησης και κίνησης του νερού, του αέρα και της θερμοκρασίας του εδάφους, ενώ έμμεσες είναι οι επιδράσεις στην βιολογική δραστηριότητα, την εξέλιξη των εδαφών και την ανάπτυξη των ριζών, την διαβρωσιμότητα και τις τεχνολογικές ιδιότητες των αγρών (Μπιλάλης κ.ά., 2019).

Η δομή του εδάφους κατέχει έναν ζωτικό ρόλο, που συχνά όμως παραβλέπεται, στην βιώσιμη παραγωγή τροφίμων και στην ευημερία της κοινωνίας. Μία πιο ολιστική προσέγγιση κρίνεται αναγκαία για την χρήση και την διαχείριση της γης, για την αντιμετώπιση της αυξημένης πίεσης στους πόρους του εδάφους, για πιο βιώσιμη παραγωγή τροφίμων, με ταυτόχρονη μείωση των δυσμενών περιβαλλοντικών επιπτώσεων εκτός του χώρου των γεωργικών πρακτικών. Η δομή του εδάφους διαφέρει

από περιοχή σε περιοχή τόσο σε παγκόσμια κλίμακα όσο και τοπικά (Lal and Bronick, 2005).

1.2 Χημικές ιδιότητες εδάφους

1.2.1 Ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων (ΙΑΚ)

Η ΙΑΚ είναι η σπουδαιότερη χημική ιδιότητα των εδαφών. Δηλώνει την ισχύ του εδάφους να ανταλλάσει κατιόντα μεταξύ στερεάς και υγρής φάσης. Επηρεάζεται από το pH και από τα κατιόντα που ανταλλάσσονται. Η άργιλος και τα χουμικά υλικά έχουν μεγάλη ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων. Με την ανταλλαγή των κατιόντων τα κολλοειδή προσροφούν Na, Ca, Mg και K, ενώ γίνονται όξινα όσο αυξάνει στα κολλοειδή η συγκέντρωση του Al και του H.

Τα φυτά απορροφούν μέσω των ριζών και σε ιοντική μορφή τα θρεπτικά στοιχεία. Η ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων (ΙΑΚ) βρίσκεται κυρίως σε εδάφη με αργιλικά ορυκτά και οργανική ύλη. Η οργανική ύλη του εδάφους θα αναπτύξει μεγαλύτερο CEC σε σχεδόν ουδέτερο pH από ότι υπό όξινες συνθήκες (Ross and Ketterings, 2011).

Τις τελευταίες δεκαετίες, αναπτύχθηκε ένας αριθμός μεθόδων για τον προσδιορισμό της ΙΑΚ όπως με οξικό αμμώνιο (Lewis, 1949), χλωριούχο βάριο ρυθμισμένο με τριαιθανολαμίνη (Mehlich, 1948, Bascomb, 1964), ραδιενεργοί ιχνηθέτες (^{133}Ba , Bache, 197; ^{85}Sr , Francis and Grigal, 1971), νεφελομετρία (Adams and Evans, 1979), μπλε του μεθυλενίου (Hang and Brindley, 1970), θειουρία αργύρου (Chhabra et al., 1975), Cu (II) αιθυλενοδιαμίνη (Bergaya και Vayer,), Cu (II) τριαιθυλενοτετραμίνη (Meier and Kahr, 1999) όπως και αρκετές άλλες τεχνικές. Οι μέθοδοι οξικού αμμωνίου και χλωριούχου βαρίου χρησιμοποιούνται ευρέως και είναι πολύ χρονοβόρες. Ένα σημαντικό μειονέκτημα αυτών των διαδικασιών είναι, ότι οι τιμές που προκύπτουν για την ΙΑΚ και τα ανταλλάξιμα κατιόντα συχνά παραμορφώνονται σε μεγάλο βαθμό (Deller, 1981). Για κλάσματα καθαρής αργίλου (< 2 μm ισοδύναμης διαμέτρου) συνήθως δεν παρουσιάζονται προβλήματα, αλλά αυτό αλλάζει όταν εξετάζονται δείγματα με δυσμενή ορυκτολογικά συστατικά (σχετικά με τη μεθοδολογία ΙΑΚ) όπως τα ανθρακικά. Όταν προσδιορίζονται οι τιμές ΙΑΚ και ανταλλάξιμων κατιόντων των ασβεστολιθικών αργιλωδών υλικών, αυτά τα ορυκτά

διαλύονται μερικώς κατά τη διάρκεια των πειραμάτων ανταλλαγής. Αυτό προκαλείται από τη μείωση της σταθερότητας των ορυκτών όταν αλληλεπιδρούν με διαλύματα πλούσια σε ηλεκτρολύτες.

1.2.2 Ικανότητα ανταλλαγής ανιόντων

Τα εδάφη έχουν την ικανότητα να προσροφούν και αρνητικά φορτισμένα ιόντα σε τοποθεσίες με θετική φόρτιση, όχι όμως στην άργιλο και στα χουμικά υλικά που έχουν αρνητικό φορτίο. Τα σπουδαιότερα ανιόντα προσρόφησης σε θετικές επιφάνειες είναι τα NO_3^- , τα H_2PO_4^- , HPO_4^{2-} , τα SO_4^{2-} , το Cl^- τα $\text{B}_4\text{O}_7^{2-}$ και τα MoO_4^- (Miles and Brown, 2003).

Η ικανότητα ανταλλαγής ανιόντων (ΙΑΑ) εξαρτάται από το pH. Το pH στα περισσότερα ελληνικά εδάφη είναι υψηλό και συνήθως πάνω από 7. Η οργανική ύλη του εδάφους έχει αρνητικές και θετικές θέσεις ανταλλαγής, έχει ΙΑΚ και πιθανόν να έχει και ΙΑΑ κάποιες φορές ακόμη και σε εδάφη με πολύ χαμηλό pH. Επίσης, σε συνθήκες χαμηλού pH υπάρχει ΙΑΑ σε σωματίδια αργίλου που καταλαμβάνουν αρνητικές θέσεις ανταλλαγής και έχουν ΙΑΚ σε συνθήκες ουδέτερου ή και υψηλού pH (Μπιλάλης κ.ά., 2019).

1.2.3 Οξύτητα του εδάφους (pH)

Η οξύτητα του εδάφους εκφράζει την συγκέντρωση των H^+ στο εδαφικό διάλυμα. Το οξύτητα του εδάφους καθορίζει πόσο αλκαλικό ή όξινο είναι ένα έδαφος, παίρνει τιμές από 1-14, pH 7 το έδαφος είναι ουδέτερο, pH > 7 είναι αλκαλικό και pH < 7 είναι όξινο. Είναι φυσικοχημική ιδιότητα που επηρεάζεται από:

- την όξινη βροχή
- το είδος του φυτού που καλλιεργείται και η διαχείριση της καλλιέργειας,
- τα λιπάσματα, όξινα ή αλκαλικά,
- την εναπόθεση ρύπων στο έδαφος,
- Τα μητρικά πετρώματα,
- την ΟΟ του εδάφους και την δραστηριότητα των μικροοργανισμών,

Το εδαφικό pH επηρεάζει την ανάπτυξη των φυτών γιατί καθορίζει την αφομοιωσιμότητα των θρεπτικών στοιχείων (Miles and Brown, 2003). Συνήθως το pH του εδάφους κυμαίνεται σε τιμές από 4 έως 8,5, σπάνια πέφτει το pH κάτω από 2. Όσο

μειώνεται η τιμή του pH ορισμένα θρεπτικά στοιχεία, όπως ο φώσφορος, καθίστανται λιγότερο διαθέσιμα για τα φυτά, ενώ κάποια άλλα, όπως το αλουμίνιο, γίνονται όλο και πιο διαθέσιμα αλλά και τοξικά με αποτέλεσμα την πιθανή μείωση των αποδόσεων της καλλιέργειας (Μπιλάλης κ.ά., 2019).

Η αραχίδα ευδοκίμει καλά σε καλά στραγγιζόμενα, ελαφριά και αμμοπηλώδη εδάφη. Τα αμμοπηλώδη εδάφη θεωρούνται τα πιο ιδανικά γιατί παρέχουν καλό αερισμό και αποστράγγιση διατηρώντας παράλληλα επαρκή υγρασία. Το συνιστώμενο εύρος pH για την καλλιέργεια αραχίδων είναι μεταξύ 5,5 και 7,0. Η διατήρηση του pH του εδάφους εντός αυτού του εύρους είναι απαραίτητη για τη διασφάλιση της σωστής διαθεσιμότητας θρεπτικών στοιχείων για την καλλιέργεια. Επίσης, η αραχίδα έχει καλή απόδοση σε εδάφη πλούσια σε οργανική ουσία. Η προσθήκη οργανικής ύλης, όπως η κοπριά ή το λίπασμα, στο έδαφος βοηθά στη βελτίωση της γονιμότητάς του, της συγκράτησής υγρασίας και της συνολικής δομής του εδάφους (Jadhav, n.d.).

1.2.4 Αλκαλικά, αλατούχα και νατριομένα εδάφη

Σε πολλές περιοχές του πλανήτη, ιδίως στις υποτροπικές, παρατηρείται ότι η ετήσια βροχόπτωση δεν επαρκεί για να απομακρύνει από το έδαφος τα κατιόντα, και ιδίως το Ca^{2+} , το Mg^{2+} , το K^+ και το Na^+ , με αποτέλεσμα να εντοπίζονται εδάφη με αλκαλικότητα (Μπιλάλης κ.ά., 2019; Kamphorst and Bolt, 1976). Οποιαδήποτε προσθήκη νερού από άλλες πηγές σε αυτά τα εδάφη, επί παραδείγματι με την άρδευση, συνεπάγεται και την προσθήκη αλάτων στο έδαφος, καθώς όλα τα φυσικά νερά περιέχουν ποικίλες ποσότητες αλάτων και είναι πλούσιας περιεκτικότητας διττανθρακικού ασβεστίου και διττανθρακικού μαγνησίου (Kamphorst and Bolt, 1976). Τα αλκαλικά εδάφη έχουν pH πάνω από 8,5 ή το ποσοστό ανταλλάξιμου νατρίου (ESP που είναι το ποσοστό της ΙΑΚ που καταλαμβάνεται με νάτριο) είναι πάνω από 15%. Κατά συνέπεια τα εδάφη με υψηλό ποσοστό ανταλλάξιμου νατρίου επιδρούν αρνητικά στην ανάπτυξη των περισσότερων φυτών καλλιέργειας (Μπιλάλης κ.ά., 2019).

Η αλκαλικότητα, δηλαδή η μείωση του pH, μπορεί να ρυθμιστεί με την καθίζηση του CaCO_3 όπου πραγματοποιείται όταν το εδαφικό διάλυμα κορεσθεί με CaCO_3 , το pH του διαλύματος δεν μπορεί να υπερβεί την τιμή 8,4 (Brady and Weil, 2011).

Αλκαλικά εδάφη με περίσσεια CaCO_3 , η γονιμότητα του εδάφους μειώνεται, διότι ο αφομοιώσιμος P μειώνεται λόγω σχηματισμού ιζήματος με το Ca και πολλά

ιχνοστοιχεία γιατί σχηματίζουν άλατα με τα αθρακικά ιόντα. Στα ασβεστολιθικά εδάφη πολλές καλλιέργειες εμφανίζουν ανεπάρκεια Fe λόγω ιζηματοποίησης του και επομένως χαμηλής πρόσληψης του Fe από τα φύλλα. Επίσης εμφανίζονται φαινόμενα ανταγωνισμού κατιόντων, όπως του K και του Ca με το Mg με αποτέλεσμα εμφάνισης τροφопενίας Mg.

Σε αλκαλικά εδάφη έχουμε έντονη μετατροπή του N-NH_4^+ σε N-NO_3^- λόγω νιτροποίησης, με αποτέλεσμα την απώλεια του N-NO_3^- , όταν δεν προλάβουν να προσροφηθούν από τα φυτά, λόγω έκλυσης επειδή δεν συγκρατείται από τα εδαφικά κολλοειδή. Στα ασβεστολιθικά εδάφη έχουμε πολλές φορές σχηματισμό αέριας αμμωνίας με την προσθήκη αμμωνιακών λιπασμάτων με αποτέλεσμα την απώλεια του (Rowell, 1994).

Τα εδάφη με επαρκή διαλυτά άλατα, τα οποία περιλαμβάνουν μαγνήσιο Mg^{2+} , νάτριο Na^+ , ασβέστιο Ca^{2+} , χλωριούχο Cl^- , θειικό SO_4^{2-} , όξινο ανθρακικό HCO_3^- και ανθρακικό CO_3^{2-} , χαρακτηρίζονται ως αλατούχα (Μπιλάλης κ.ά., 2019). Αλατούχα εδάφη εμφανίζονται κυρίως σε άνυδρες περιοχές, όπου η βροχή είναι χαμηλή. Συνήθως, επειδή αυτά τα άλατα είναι υδατοδυσλυτά περιοχές με μικρότερο υψόμετρο, όπου συσσωρεύονται έχουν μεγαλύτερη αλατότητα σε σύγκριση με τις ξερές με μεγαλύτερο υψόμετρο (Dong et al., 2014). Καλής ποιότητας νερό άρδευσης βοηθά επίσης στην μείωση της αλατότητας λόγω έκπλυσης των αλάτων. Με την άρδευση τα εδάφη δεν πρέπει να πλημμυρίζουν για να μην συσσωρεύονται τα άλατα όπως σε περιπτώσεις κακής στράγγισης. Η παρουσία φυτικών υπολειμμάτων στην επιφάνεια του εδάφους μειώνει την εξάτμιση του νερού με αποτέλεσμα η άρδευση να βοηθά την έκπλυση των αλάτων (United States Department of Agriculture, n.d). Η άρδευση με καλή αποστράγγιση βοηθά στην μείωση της αλατότητας του εδάφους. Η σωστή διαχείριση του εδάφους είναι απαραίτητη για την διατήρηση χαμηλής αλατότητας.

Η αλατότητα του εδάφους προσδιορίζεται μετρώντας την ηλεκτρική αγωγιμότητα (EC) της κορεσμένης πάστας, δηλαδή του μείγματος νερού και εδάφους σε αναλογία περίπου 1:1. Όταν η τιμή της EC είναι μεγαλύτερη από 4 dS/m τότε το έδαφος κατατάσσεται στα αλατούχα επηρεάζοντας τον κύκλο του αζώτου. Επίσης αυξάνονται οι φυτοпараσιτικοί μικροοργανισμοί, με αποτέλεσμα αύξηση της επιφανειακής απώλειας του N στο έδαφος (Μπιλάλης κ.ά., 2019). Για τιμές $\text{EC} < 1 \text{ mS/cm}$ το έδαφος είναι μη αλατούχο, με καμία επιρροή στην καλλιέργεια και στους μικροοργανισμών (Smith and Doran, 1996).

Το κύριο χαρακτηριστικό των νατριωμένων εδαφών είναι ότι περιέχουν επαρκές ανταλλάξιμο νάτριο το οποίο επηρεάζει αρνητικά την ανάπτυξη των φυτών λόγω της τοξικότητάς του, καθώς και την δομή του εδάφους (Μπιλάλης κ.ά., 2019; FAO, n.d.). Πιο αναλυτικά, τα νατριωμένα εδάφη έχουν ποσοστό ανταλλάξιμου νατρίου (ESP) μεγαλύτερο από 15 και η περίσσεια ανταλλάξιμου νατρίου έχει δυσμενή επίδραση στις φυσικές και θρεπτικές ιδιότητες του εδάφους, με επακόλουθη μείωση της ανάπτυξης των καλλιεργειών, σε σημαντικό βαθμό ή εντελώς. Τα εδάφη στερούνται αξιόλογες ποσότητες ουδέτερων διαλυτών αλάτων αλλά περιέχουν μετρήσιμες έως αισθητές ποσότητες αλάτων ικανών για αλκαλική υδρόλυση, π.χ. ανθρακικό νάτριο. Η ηλεκτρική αγωγιμότητα των εκχυλισμάτων εδάφους κορεσμού είναι πιθανό να είναι μεταβλητή αλλά συχνά είναι μικρότερη από 4 dS/m στους 25°C. Το pH των κορεσμένων εδαφών είναι 8,2, ή περισσότερο, και σε ακραίες συνθήκες περιπτώσεις μπορεί να είναι πάνω από 10,5. Η διάσπαρτη και διαλυμένη οργανική ύλη που υπάρχει στο εδαφικό διάλυμα εδαφών με υψηλή περιεκτικότητα σε νάτριο μπορεί να εναποτεθεί στην επιφάνεια του εδάφους με εξάτμιση, με αποτέλεσμα να προκληθεί μια σκοτεινή επιφάνεια. Για αυτόν τον λόγο τα νατριωμένα εδάφη είναι γνωστά και ως μαύρα νατριωμένα εδάφη. Η κύρια αιτία της αλκαλικής αντίδρασης των εδαφών είναι η υδρόλυση είτε των ανταλλάξιμων κατιόντων, είτε των αλάτων όπως το ανθρακικό ασβέστιο CaCO_3 , το ανθρακικό μαγνήσιο MgCO_3 , το ανθρακικό νάτριο Na_2CO_3 , κ.λπ. (Sharma et al., 2016).

Υπό συνθήκες νατρίου, κακής δομής του εδάφους, περιορισμένη κίνηση του νερού και τοξικές θρεπτικές ουσίες περιορίζεται η ανάπτυξη των φυτών. Το υψηλό pH του εδάφους παρεμποδίζει την διαθεσιμότητα βασικών θρεπτικών στοιχείων στα φυτά. Οι περιορισμοί θρεπτικών στοιχείων στα νατριωμένα εδάφη δημιουργούνται κυρίως από τις δραστηριότητες των ηλεκτρονίων και των πρωτονίων (pE και pH). Επίσης, οι χαμηλοί ρυθμοί ροής του νερού και του οξυγόνου μπορεί να οδηγήσουν σε περεταίρω μείωση της διαθεσιμότητας θρεπτικών ουσιών στα φυτά (Naidu και Rengasamy, 1993). Συνθήκες υψηλού pH μπορεί να υπάρχουν στο εδαφικό προφίλ ακόμη και αν τα εδάφη είναι μετρίως νατριωμένα και επηρεάζουν δυσμενώς την διαθεσιμότητα των θρεπτικών στοιχείων (Singh, 2009).

1.3 Βιολογικές ιδιότητες εδάφους

1.3.1 Οργανική ουσία (ΟΟ)

Η ΟΟ είναι το κλάσμα του εδάφους που αποτελείται από φυτικό ή ζωικό ιστό σε διάφορα στάδια διάσπασης (αποσύνθεσης), αναφέρουν οι Fenton et al., 2008. Η ΟΟ στα περισσότερα από τα παραγωγικά γεωργικά εδάφη κυμαίνεται από μεταξύ 1% έως 3% στην Ελλάδα (Μπιλάλης κ.ά., 2019). Αξίζει να σημειωθεί ότι η ΟΟ του εδάφους συνεισφέρει στην παραγωγικότητα του με πολλούς και διαφορετικούς τρόπους, και αυτό οφείλεται στα διάφορα συστατικά της οργανικής ουσίας και τους διαφορετικούς ρόλους που παίζει.

Όταν η ΟΟ είναι σε μικρή περιεκτικότητα τότε αυξάνεται η ευαισθησία της διάβρωσης του εδάφους. Η ΟΟ είναι σημαντική ως ο πρωταρχικός βιότοπος για την πανίδα και μικροχλωρίδα του εδάφους, έχοντας ρόλο στην υγεία και των εδαφών. Σε αλλαγές στην χρήση και διαχείριση του εδάφους και σε αλλαγές στην θερμοκρασία και την υγρασία του παρατηρείται ότι είναι πολύ ευαίσθητη. Τις τελευταίες δεκαετίες του εικοστού αιώνα, οι αλλαγές στην χρήση και διαχείριση εδάφους, ιδιαίτερα η μετατροπή των δασών και των λιβαδιών σε αγροτεμάχια, οδήγησαν σε σημαντική μείωση των επιπέδων οργανικής ουσίας σε ορισμένα μέρη του κόσμου (Bullock, 2005).

Υπάρχουν αρκετοί παράγοντες που επηρεάζουν τα ποσοστά της ΟΟ στο έδαφος (Jenny, 1941, 1961a). Το κλίμα καθορίζει τα επίπεδα της ΟΟ στο έδαφος καθώς επηρεάζει πιο έντονα την παραγωγικότητα της βλάστησης και το επίπεδο, και ίσως το είδος της δραστηριότητας αποσύνθεσης. Σε σχέση με τα επίπεδα οργανικής ουσίας του εδάφους, Birch and Friend (1956), Jenny et al. (1948) και Jenny et al. (1968) έδειξαν ότι η βροχόπτωση και η θερμοκρασία είναι οι πιο σημαντικές μεταβλητές αν και έχουν διαφορετικές επιπτώσεις στα επίπεδα άνθρακα και αζώτου, και η φύση των σχέσεων φαίνεται να είναι διαφορετική σε τροπικά και εύκρατα κλίματα (Laudelout et al. 1960).

Έχει αποδειχθεί ότι κατά τη διάρκεια εξέλιξης των καιρικών συνθηκών, ο οργανικός φώσφορος αυξάνεται. Αυτό μπορεί να σχετίζεται με απώλεια του ολικού φωσφόρου από το σύστημα και/ή μετατροπή του φωσφόρου σε μορφές που δεν είναι διαθέσιμες στα φυτά. Αν και τα μέγιστα επίπεδα οργανικής ουσίας του εδάφους που επιτυγχάνονται κατά τη διάρκεια της παιδογένεσης μπορεί να μην προσδιορίζονται πάντα αποκλειστικά από τα αρχικά επίπεδα φωσφόρου στο μητρικό υλικό, η οργανική ουσία θα έπρεπε να αρχίσει να μειώνεται μόλις εξαντλούνταν σοβαρά τα αποθέματα,

είτε από μετατροπή σε οργανικό φώσφορο ή σε πολύ αδιάλυτες ανόργανες φωσφορικές ενώσεις ή μέσω απώλειας από το σύστημα (Spain et al., 1983).

1.3.2 Ένζυμα εδάφους

Τα υπολείμματα φυτών και μικροβίων και τα συστατικά τους πλούσια σε βιομακρομόρια άνθρακα, όπως η κυτταρίνη, η ημικυτταρίνη, η πηκτίνη, η χιτίνη, η λιγνίνη και η τανίνη, απαιτούν την ανακύκλωση από επιθετικές κοινοπραξίες μικροοργανισμών (Burns et al., 2013). Οι άμεσοι παράγοντες αποσύνθεσης της οργανικής ύλης είναι τα εξωκυτταρικά ένζυμα (EE) και η παραγωγή τους μπορεί να θεωρηθεί ως μια μορφή στρατηγικής αναζήτησης τροφής που έχει εξελιχθεί, σύμφωνα με την οποία οι προμήθειες θρεπτικών ουσιών και ενέργειας ευθυγραμμίζονται με τη ζήτηση.

Τα ένζυμα του εδάφους είναι οι βασικοί παράγοντες στη βιοχημική διαδικασία της ανακύκλωσης της οργανικής ύλης στο εδαφικό σύστημα και οι δραστηριότητές τους συνδέονται στενά με την οργανική ύλη του εδάφους (SOM = Soil Organic Matter), τις φυσικές ιδιότητες του εδάφους και την μικροβιακή δραστηριότητα ή/και βιομάζα. Ανάλογα με τη θέση τους, τα ένζυμα μπορεί να είναι εξωκυτταρικά ή ενδοκυτταρικά. Αναλυτικά, τα ενδοκυτταρικά ένζυμα βρίσκονται στο κυτταρόπλασμα του κυττάρου ή είναι συνδεδεμένα στα κυτταρικά τοιχώματα των ζωντανών και μεταβολικά ενεργών κυττάρων, των βιώσιμων αλλά μη πολλαπλασιαζόμενων κυττάρων (όπως ως σπόρια) και των νεκρών κυττάρων. Από την άλλη, τα εξωκυτταρικά ένζυμα απελευθερώνονται στο έδαφος και ακινητοποιούνται «μόνιμα» στον πηλό και στα χουμικά κολλοειδή μέσω ιοντικών αλληλεπιδράσεων, ομοιοπολικών δεσμών, δεσμούς υδρογόνου και άλλους μηχανισμούς (Rao et al., 2017).

Τα ένζυμα του εδάφους είναι απαραίτητοι καταλύτες για την αποδόμηση της ΟΟ και του κύκλου των στοιχείων, και επηρεάζουν έντονα την μετατροπή της ενέργειας, περιβαλλοντική ποιότητα και αγροτική παραγωγικότητα. Ωστόσο, η μηχανική άροση, η μονοκαλλιέργεια και η αφαίρεση υπολειμμάτων επηρεάζουν δυσμενώς την ενζυματική δραστηριότητα και την διαθεσιμότητα των θρεπτικών στοιχείων των φυτών (Steinweg et al., 2013). Σε γενικές γραμμές, η ενζυματική δραστηριότητα μειώνεται με την αύξηση του βάθους του εδάφους. Επιπλέον, για την αξιολόγηση της καλής υγείας του εδάφους βοηθά σημαντικά ο έλεγχος της διαθεσιμότητας ενός μεγάλου αριθμού δραστηριοτήτων των ενζύμων του εδάφους.

Ωστόσο, είναι απαραίτητο να κατανοήσουμε το σχέση μεταξύ διαφορετικών δεξαμενών ενζύμων και βιοτικών και αβιοτικών παραγόντων για την πρόβλεψη των πιθανών επιπτώσεων της διαχείρισης του εδάφους και των περιβαλλοντικών αλλαγών στις λειτουργίες και την παραγωγικότητα του οικοσυστήματος (Rao et al., 2017).

Η αύξηση των ατμοσφαιρικών συγκεντρώσεων CO₂ και άλλων αερίων του θερμοκηπίου προκαλούν υπερθέρμανση του πλανήτη και άλλες κλιματικές αλλαγές. Οι δραστηριότητες των ενζύμων του εδάφους επηρεάζονται από ορισμένους αβιοτικούς, όπως είναι για παράδειγμα η θερμοκρασία, το δυναμικό του νερού και το pH, και βιοτικούς παράγοντες όπως είναι η σύνθεση και έκκριση ενζύμων (Burns et al., 2013). Ακραία καιρικά φαινόμενα επηρεάζουν τη γεωργία, άρα και την ποιότητα και ποσότητα της ενζυματικής δραστηριότητας του εδάφους. Αυτές οι αλλαγές έχουν συνέπειες στις λειτουργίες του οικοσυστήματος, δηλαδή στην αποσύνθεση, τον κύκλο θρεπτικών ουσιών και τις αλληλεπιδράσεις φυτών-μικροβίων, που τελικά θα επηρεάσουν την παραγωγικότητα και την ισορροπία του δικτύου του άνθρακα (Steinweg et al, 2013). Υπό συνθήκες χαμηλής υγρασίας, οι ενζυμικές δραστηριότητες είναι χαμηλές, αν και σε ορισμένες μικροθέσεις όπου η συγκέντρωση διαλυμένης ουσίας αυξάνεται εντός των πόρων μπορεί να παρουσιάσει υψηλή δραστηριότητα. Είναι πολύ πιθανό παρατεταμένα διαστήματα ξηρασίας να μειώσουν την παραγωγή ενζύμων με αποτέλεσμα να παρατηρηθεί μείωση των δραστηριοτήτων.

1.3.3 Μικροπανίδα, μεσοπανίδα και μακροπανίδα

Στο έδαφος υπάρχουν πολύ μικρές μορφές ζωής που συνήθως ζουν ως μεμονωμένα κύτταρα ή σχηματίζουν αποικίες, και ονομάζονται μικροοργανισμοί. Για να γίνουν ορατοί ως μεμονωμένα κύτταρα χρειάζεται μικροσκόπιο και είναι σε ιδιαίτερα μεγάλη αφθονία όταν βρίσκονται δίπλα στις ρίζες των φυτών. Αυτό συμβαίνει καθώς από τις ρίζες εκλύονται χημικές ουσίες οι οποίες αποτελούν έτοιμη τροφή (Μπιλάλης κ.ά., 2019).

Η μικροπανίδα περιλαμβάνει μικρά Collembola και ακάρεα, νηματώδεις και πρωτόζωα, μεταξύ άλλων, που ζουν γενικά στο έδαφος και τρέφονται με μικροχλωρίδα, ρίζες φυτών, άλλη μικροπανίδα και μερικές φορές μεγαλύτερους οργανισμούς. Η μικροπανίδα αποτελεί τον σύνδεσμο μεταξύ των πρωτογενών αποικοδομητών (δηλαδή των μικροοργανισμών) και είναι η μεγαλύτερη πανίδα στον τροφικό ιστό του εδάφους. Επίσης, τα κύρια ζώα του εδάφους αυτής της ομάδας είναι τα πρωτόζωα (FAO, 2008; Usman et al., 2016).

Η μεσοπανίδα αποτελεί την επόμενη μεγαλύτερη ομάδα και τα ζώα που την απαρτίζουν κυμαίνονται σε μεγέθη από 200 μm έως 10 mm. σε μήκος (0,1–2 mm σε διάμετρο). Στην μεσοπανίδα περιλαμβάνονται κυρίως μικροαρθρόποδα, όπως είναι οι ψευδοσκορπιοί, τα πρότουρα, τα δίπλουρα, οι πόδουροι, τα ακάρεα, μικρά μυριάποδα (*Pauropoda* και *Symphyla*) και οι δακτυλιοσκώληκες. Οι οργανισμοί της μεσοπανίδας έχουν περιορισμένη ικανότητα να τρυπώνουν και γενικά ζουν μέσα στους πόρους του εδάφους, τρέφονται με οργανικά υλικά, μικροχλωρίδα, μικροπανίδα και άλλα ασπόνδυλα (FAO, 2008).

Η μακροπανίδα περιέχει τα μεγαλύτερα ασπόνδυλα του εδάφους. Είναι μια ομάδα ασπόνδυλων που βρίσκονται στο χερσαίο έδαφος η οποία έχει πάνω από το 90% των ατόμων της είναι ορατά με γυμνό μάτι (IBOY, 2000). Στην μακροπανίδα του εδάφους περιλαμβάνουν ομάδες οργανισμών όπως είναι οι γαιοσκώληκες, τα διπλόποδα, τα χειλόποδα, τα μυρμήγκια, τα κολεόπτερα, τα ισόποδα, οι αράχνες, οι γυμνοσάλιαγκες, τα σαλιγκάρια, οι τερμίτες, τα δερμάπτερα, οι πορνύμφες των λεπιδόπτερων και οι προνύμφες των δίπτερων. Όσον αφορά την αφθονία τους και τον εδαφολογικό τους ρόλο, οι γαιοσκώληκες, οι τερμίτες και τα μυρμήγκια είναι τα πιο σημαντικά για την μακροπανίδα των εδαφών. Πράγματι, η σημασία των δραστηριοτήτων τους τα έχει κάνει να ονομάζονται ως «μηχανικοί του εικοσυστήματος» (Jones et al., 1997, Usman et al., 2016).

Η βιολογική βιοποικιλότητα έχει κρίσιμο ρόλο στην υποστήριξη της λειτουργικότητας του εδάφους, επειδή οι οργανισμοί που κατοικούν στο έδαφος είναι υπεύθυνοι για τους βιογεωχημικούς μετασχηματισμούς (Pino et al., 2019). Οι μακροοργανισμοί και οι μικροοργανισμοί είναι οι κύριοι προμηθευτές θρεπτικών υποστρωμάτων για το έδαφος και βρίσκονται σε συνεχή αλληλεπίδραση. Επηρεάζουν τους κύκλους των θρεπτικών στοιχείων, την ρύθμιση της ΟΟ, τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου και τη δέσμευση άνθρακα και μπορούν να αλλάξουν τη φυσική δομή του εδάφους (Guzmán et al., 2012). Οι οικολογικές λειτουργίες των μικροοργανισμών του εδάφους περιλαμβάνουν οφέλη όπως είναι η ανοργανοποίηση των θρεπτικών ουσιών, η αποδόμηση της ΟΟ, η αποδόμηση τοξικών ενώσεων και η ρύθμιση των παθογόνων παραγόντων (Castellanos et al., 2015). Η αφθονία τους στο έδαφος συνδέεται με την υγρασία του και τη διαθεσιμότητα των θρεπτικών ουσιών, επηρεάζοντας την παραγωγή και την βιοποικιλότητα (Safaei et al., 2019). Ο ρόλος της βιοποικιλότητας του εδάφους στη ρύθμιση πολλαπλών λειτουργιών του οικοσυστήματος είναι ελάχιστα κατανοητός, περιορίζοντας την ικανότητά να προβλεφθεί πώς η απώλεια βιοποικιλότητας του

εδάφους μπορεί να επηρεάσει την βιωσιμότητα του οικοσυστήματος (Delgado-Baquerizo et al., 2020).

Σύμφωνα με τον Xia et al. (2022) οι φυσικοχημικές ιδιότητες του εδάφους επηρέασαν τη δομή της κοινότητας της εδαφικής πανίδας σε τροπικά γεωργικά εδάφη, με τη σχέση να ποικίλλει ανάλογα με την ομάδα της εδαφικής πανίδας. Η μακροπανίδα επηρεάζεται από την οργανική ύλη, η μεσοπανίδα από τον φώσφορο και η μικροπανίδα από το pH. Ο δείκτης ποικιλότητας έδειξε ότι η μακροπανίδα ήταν η πιο ποικιλόμορφη ομάδα και αυτή η ομάδα παρουσίασε παραλλαγές στις περιοχές που αναλύθηκαν (Chamorro-Martínez, et al., 2022).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΥΤΕΡΟ

ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΤΗΣ ΑΡΑΧΙΔΑΣ (*Arachis hypogaea* L.)

2.1 Προέλευση και ιστορική εξέλιξη

Η αραχίδα (*Arachis hypogaea* L.) (Εικόνα 2) προέρχεται από την περιοχή της Νότιας Αμερικής. Ανήκει στην οικογένεια *Fabaceae* και προέρχεται από το γένος *Arachis* το οποίο περιέχει μεγάλο αριθμό διπλοειδών και τετραπλοειδών ειδών και ανήκουν σε διαφορετικές ομάδες μεταξύ τους. Σήμερα σε παγκόσμιο επίπεδο καλλιεργούνται μόνο πέντε είδη και ανήκουν σε διαφορετικές ομάδες το καθένα (Παπακώστα-Τασοπούλου, 2012). Το κυριότερο είδος που καλλιεργείται σήμερα είναι το *Arachis hypogaea* L. και η καλλιέργεια ευδοκίμει σε τροπικές, υποτροπικές και εύκρατες περιοχές (Παπακώστα-Τασοπούλου, 2012).



Εικόνα 2. Αραχίδα

Πηγή: <https://tinyurl.com/yeysbbz>

Από το Περού η καλλιέργεια της αραχίδας επεκτάθηκε στην Δυτική Αφρική και καλλιεργήθηκε σε εδάφη άγονα για λοιπές καλλιέργειες. Στην πραγματικότητα, οι καλλιέργειες αραχίδας εμπλουτίζουν το έδαφος με άζωτο. Επίσης, η καλλιέργεια μεταφέρθηκε από τους Ισπανούς στην Ασία (Purseglove, 1998). Επίσης από το Περού

μεταφέρθηκε στη Νότια Αμερική από τους Ίνκας στο Περού και στη συνέχεια καλλιεργήθηκε στο Μεξικό (Waele & Swaneveldt, 2001).

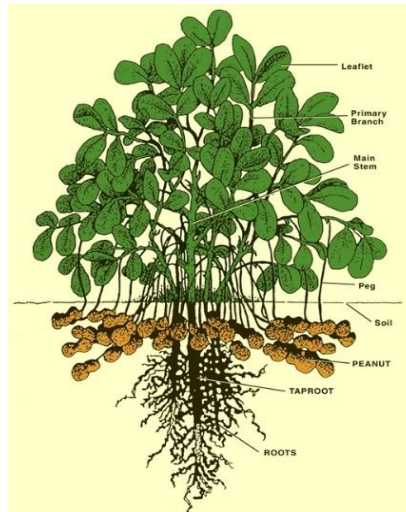
Οι παλαιότερες αρχαιολογικές καταγραφές της καλλιέργειας της αραχίδας είναι από το Περού και χρονολογούνται 3750-3900 χρόνια πριν από το παρόν (BP). Οι αραχίδες διασκορπίστηκαν ευρέως στο Νότο και την Κεντρική Αμερική από τη στιγμή που οι Ευρωπαίοι έφτασαν στην ήπειρο, πιθανώς από τους Ινδιάνους Arawak. Υπάρχουν αρχαιολογικά στοιχεία της ύπαρξής τους από το Μεξικό, χρονολογημένα 1300-2200 πριν από το παρόν. Τα αράπικα φυστίκια (αραχίδες) διασκορπίστηκαν σε όλο τον κόσμο από τους ευρωπαίους. Ο περουβιανός τύπος αραχίδας μεταφέρθηκε στον Δυτικό Ειρηνικό, την Κίνα, την Νοτιοανατολική Ασία και την Μαδαγασκάρη. Οι Ισπανοί εισήγαγαν πιθανώς τον τύπο της Βιρτζίνια στο Μεξικό, μέσω των Φιλιππίνων, τον δέκατο έκτο αιώνα. Στη συνέχεια οι Πορτογάλοι το πήγαν στην Αφρική και αργότερα Ινδία, μέσω Βραζιλίας (Vara Prasad et al, 2011).

Το φυστίκι είναι ένας από τους λίγους καρπούς που καλλιεργούνται, των οποίων οι σπόροι περιέχουν υψηλά επίπεδα λαδιού. Οι περισσότεροι σπόροι οσπρίων έχουν λιγότερο από 5% λάδι, αλλά για ορισμένες ποικιλίες φυστικιών η περιεκτικότητα σε σπορέλαιο φτάνει το 40-50%. Οι καβουρδισμένοι σπόροι και το εκχυλισμένο λάδι χρησιμοποιούνται και διατίθενται στην αγορά παγκοσμίως (Allen, 2013). Επίσης, τα φύλλα και τα στελέχη της αραχίδας χρησιμοποιούνται ως ζωοτροφή. Τα τελευταία χρόνια η αύξηση της κατανάλωσης των σπόρων ως ξηρός καρπός ή πρόσθετο διαφόρων τροφίμων έχει συμβάλλει στη μείωση της χρήσης της για την παραγωγή λαδιού. Αυτό οφείλεται και στον ανταγωνισμό που δέχεται η καλλιέργεια από άλλα ελαιοδοτικά φυτά όπως είναι επί παραδείγματι η σόγια, η ελαιοκράμβη και ο ηλίανθος (Παπακώστα-Τασοπούλου, 2012).

2.2 Βοτανική περιγραφή

Φυτό:

Είναι ετήσιο ποώδες φυτό με κεντρική ρίζα και με εκτεταμένο δίκτυο πλάγιων διακλαδισμένων ριζών και έχει χαμηλή ανάπτυξη (Παπακώστα-Τασοπούλου, 2012). Όμως, σε περιοχές όπου ο χειμώνας είναι ήπιος και απουσιάζουν οι παγετοί μπορεί να επιβιώσει και τον χειμώνα (Εικόνα 3).



Εικόνα 3. Φυτό αραχίδας

Πηγή: <https://tinyurl.com/fvr6y7k9>

Βλαστοί:

Η αραχίδα αποτελείται από έναν κύριο βλαστό (όρθιο ή πλαγιαστό μήκους 12-65 εκατοστά) και από έναν μεταβλητό αριθμό πλάγιων διακλαδώσεων που είναι έρπουσες ή όρθιες (Ramanatha Rao and Murty, 1994). Οι βλαστοί έχουν γωνιώδες σχήμα, είναι συμπαγείς με ανεπτυγμένη εντεριόνη και στην συνέχεια όσο αναπτύσσονται γίνονται κυλινδρικοί με κενό στο κέντρο. Οι βλαστοί περιβάλλονται από τρίχες που είναι σε κανονικές σειρές επί των βλαστών και το χρώμα τους διαφέρει ανάλογα με την έκθεσή τους στο φως. Στους βλαστούς επικρατεί το πορφυρό, το ροζ, και το σκούρο κόκκινο χρώμα, ενώ η παρουσία του πράσινου συνδέεται με την έλλειψη ανθοκυανίνης (Παπακώστα-Τασοπούλου, 2012).

Άνθη:

Οι ανθοταξίες εμφανίζονται στους υψηλότερους κόμβους του κύριου βλαστού. Τα άνθη έχουν μικρό μέγεθος, περίπου 12 χιλιοστά, το χρώμα ποικίλει από λευκό έως πορτοκαλί, όμως έχουν συνήθως κίτρινο χρώμα (Εικόνα 4). Τα άνθη εμφανίζονται ανά τρία ή περισσότερα κάτω από τις μασχάλες των φύλλων, σπάνια είναι μεμονωμένα, και πολλές φορές παρατηρείται να σχηματίζονται άνθη και κάτω από το έδαφος (Παπακώστα-Τασοπούλου, 2012).



Εικόνα 4. Άνθος αραχίδας

Πηγή: <https://tinyurl.com/5dp27jje>

Φύλλα:

Τα φύλλα είναι σύνθετα και έχουν τέσσερα φυλλάρια κατά βάση, όμως κατά καιρούς μπορεί να εμφανιστούν και επιπλέον φυλλάρια. Ο μίσχος είναι μακρύς με μήκος 3-7 εκατοστά, τα φύλλα εκφύονται εναλλάξ, με μέγεθος που ποικίλει ανάλογα με την ποικιλία, ενώ το χρώμα είναι χαρακτηριστικό για το κάθε υποείδος. Το υποείδος *hyrogaea* έχει σκούρα πράσινα και ελαφρώς χνουδωτά φύλλα (Παπακώστα-Τασοπούλου, 2012) (Εικόνα 5).



Εικόνα 5. Φύλλα φυτού αραχίδας

Πηγή: <https://tinyurl.com/mrxh362n>

Καρποί:

Ο καρπός είναι λοβός που αποτελείται από 2 έως 5 σπόρους, σπανιότερα 6 και αυτό εξαρτάται από την ποικιλία (Εικόνα 6). Κάθε φυτό φέρει από 50 έως 100 λοβούς.

Το σχήμα των λοβών είναι ακανόνιστο λόγω της απουσίας ραφής και καταλήγουν σε ένα ράμφος το οποίο διαφέρει ανάλογα την ποικιλία. Το μέγεθος των σπόρων που αναπτύσσονται μέσα στον λοβό επηρεάζεται από τις συσφίξεις που προκύπτουν από το κέλυφος (Παπακώστα-Τασοπούλου, 2012).



Εικόνα 6. Καρπός αραχίδας

Πηγή: <https://tinyurl.com/3ab3h9td>

Οι σπόροι περιέχουν το έμβρυο και το περισπέρμιο. Το πρώτο αποτελείται από δύο κοτυληδόνες, ενώ το περισπέρμιο είναι λεπτό με χρώμα εξαρτούμενο από την ποικιλία (Gregory and Gregory, 1986). Το μέγεθος και το χρώμα των σπόρων ποικίλουν και είναι χαρακτηριστικό της κάθε ποικιλίας. Γενικά, το μήκος του σπόρου κυμαίνεται από 7 - 21 χιλιοστά, η διάμετρος από 5 - 13 χιλιοστά και το βάρος από 0,15-2,38 γραμμάρια (Ramanatha Rao and Murty, 1994).

2.3 Ποικιλίες αραχίδας

Οι ποικιλίες είναι:

Virginia:

Είναι όψιμες ποικιλίες με βιολογικό κύκλο περίπου 150 ημερών. Το φυτό έχει έναν ποώδη βλαστό και μια ρίζα με διακλαδώσεις. Στον αρχικό κόμβο του βλαστού στην εδαφική επιφάνεια δημιουργούνται διακλαδώσεις, οι βλαστοί αναπτύσσονται παράλληλα με την επιφάνεια. Δημιουργούνται αρκετές διακλαδώσεις. Στα φύλλα σχηματίζονται 2-6 ανθοφόροι άξονες που εισχωρούν στο έδαφος σε βάθος μέχρι 10 εκατοστά (Litzenberger, 1976).

Ισπανική Valencia:

Πρώιμες ποικιλίες με βιολογικό κύκλο περίπου 120 ημερών. Οι λοβοί σχηματίζονται τσε πρωτεύουσες, δευτερεύουσες και τριτεύουσες διακλαδώσεις (Litzenberger, 1976).

2.4 Κλιματικοί και εδαφικοί παράγοντες που επηρεάζουν την καλλιέργεια της αραχίδας

2.4.1 Θερμοκρασία - Βροχόπτωση

Η καλλιέργεια της αραχίδας ενδείκνυται σε τοποθεσίες με τροπικό κλίμα (Παπακώστα-Τασοπούλου, 2012). Περιοχές με ύψος βροχής > από 200 mm ενδείκνυται καθώς έχουν αυξημένες απαιτήσεις σε νερό (Tweneboah, 2000). Ιδιαίτερη προσοχή χρειάζεται στις περιοχές όπου οι βροχοπτώσεις είναι περιορισμένες τον χειμώνα, με προσθήκη νερού κατά την καλλιεργητική περίοδο (Gibbon & Pain, 1985).

Η αραχίδα είναι φωτοπεριοδικά ουδέτερο φυτό που για την βλάστηση απαιτείται ένα χρονικό διάστημα το οποίο εξαρτάται από την θερμοκρασία. Συγκεκριμένα, θερμοκρασία από 28-36°C ευνοεί την βλάστηση των σπερμάτων, ενώ θερμοκρασία περίπου 30°C ευνοεί την ανάπτυξη νεαρών φυταρίων. Οι σπόροι χάνουν μεγάλο ποσοστό βλαστικής ικανότητας σε θερμοκρασίες εδάφους < 15°C. Αντίστοιχα, να σημειωθεί ότι οι σπόροι περιορίζουν την βλαστική ικανότητα σε θερμοκρασίες > 41°C και < 35°C. Οι θερμοκρασίες πάνω από 35°C συμβάλλουν στην μείωση της ξηράς ουσίας και την παραγωγή ανθέων (Craufurd et al., 2002). Σε θερμοκρασία 23°C τα νεαρά φυτάρια, εξέρχονται από την επιφάνεια 13 ημέρες μετά την σπορά, στους 27°C, η ανάδυση γίνεται πιο γρήγορα (Ketring, 1984; Robinson, 1984).

Η θερμοκρασία επηρεάζει τον αριθμό των φύλλων και των λοβών και το ύψος του φυτού. Για τον σχηματισμό και την ανάπτυξη των λοβών η βέλτιστη θερμοκρασία πρέπει να είναι 27°C, αν και μέχρι τους 35°C δεν υπάρχει πρόβλημα για τον σχηματισμό, αλλά για την ανάπτυξη των λοβών, η βέλτιστη θερμοκρασία είναι 28-30°C. Για την αύξηση των φυτών την ημέρα απαιτούνται 30°C, ενώ στους 17°C έχουμε μείωση της ανάπτυξης.

Μείωση της συσσώρευσης της ξηράς ουσίας έχουμε όταν η θερμοκρασία νύχτας είναι < από 14°C. Τις ζεστές ημέρες και κρύες νύχτες παρατηρείται μείωση της ανάπτυξης του ριζικού συστήματος του φυτού, ενώ τις ζεστές ημέρες και ζεστές νύχτες,

έχουμε πρόωμη άνθιση. Σύμφωνα με την Παπακώστα-Τασοπούλου (2012), η αραχίδα είναι ευαίσθητη στις χαμηλές θερμοκρασίες και σε περίπτωση παγετού τα φυτά καταστρέφονται κατά την ανάπτυξη, επηρεάζοντας την ποιότητα και το άρωμα των καρπών.

2.4.2 Έδαφος

Τα βαθιά στραγγιζόμενα αμμώδη και αμμοπηλώδη εδάφη είναι ιδανικά για την καλλιέργεια της αραχίδας, με αρκετή ποσότητα ασβεστίου και μέτρια ποσότητα οργανικής ουσίας (Παπακώστα-Τασοπούλου, 2012). Τα συνεκτικά εδάφη στην καλλιέργεια αραχίδας εμποδίζουν είσοδο το γονιμοποιημένο άνθος να εισχωρήσει στο έδαφος, με αποτέλεσμα να μειώνεται η παραγωγή καρπών (Waele & Swanevelde, 2001). Η αραχίδα μπορεί να καλλιεργηθεί και σε πιο βαριά εδάφη από αυτά που προαναφέρθηκαν καθώς οι αποδόσεις θα μπορούσαν να είναι ακόμη μεγαλύτερες, με την προϋπόθεση, να έχουν δομή καλή για διατήρηση την υγρασίας σε φυσιολογικά επίπεδα.

Ιδανικό pH εδάφους είναι το σχετικά όξινο που κυμαίνεται από 6,0 έως 6,5, όμως και οι τιμές 5,5 με 7,0 είναι εξίσου αποδεκτές από το φυτό (Παπακώστα-Τασοπούλου, 2012). Έχει μικρή αντοχή στην αλατότητα και ειδικά όταν αυτή είναι > από 3,2 dS m⁻¹ (Fageria et al., 1997). Τα αλατούχα εδάφη ευνοούν την μείωση των αποδόσεων, την μείωση του μεγέθους και του αριθμού των λοβών και των σπόρων. Τέλος, να σημειωθεί ότι τα ανοιχτόχρωμα εδάφη είναι προτιμότερα για την αποφυγή χρωματισμού των λοβών.

2.5 Άρδευση

Η κάθε καλλιέργεια έχει διαφορετικές απαιτήσεις σε νερό ανάλογα με την ηλικία, την μηχανική σύσταση ή την κλίση του εδάφους, την εποχή και την θερμοκρασία περιβάλλοντος. Η άρδευση είναι απαραίτητη και έχει πολλά οφέλη για την καλλιέργεια, τα οποία είναι τα εξής:

1. πρωιμότητα της καλλιέργειας,
2. βελτιωμένη ποιότητα των καρπών,
3. αυξημένες αποδόσεις,
4. αποτελεσματικότερη κατανομή των θρεπτικών ουσιών,

5. μικροτέρα καταπόνηση των φυτών και
6. μειωμένη μεταβλητότητα των αποδόσεων (Cetin et al., 2004).

Η αραχίδα θεωρείται φυτό ανθεκτικό στην ξηρασία που όμως επηρεάζεται η απόδοσή της από την έλλειψη νερού σε οποιοδήποτε στάδιο ανάπτυξής της. Σε έλλειψη νερού τα φυτά αποκτούν πιο λίγα φύλλα, μικρότερο ύψος, ενώ αργεί η καρπόδεση και μειώνεται η απόδοση (Boote et al., 1982). Κατά την ανθοφορία και την αύξηση του καρπού, η έλλειψη νερού έχει την μεγαλύτερη επιρροή.

Κατά την περίοδο της βλάστησης του φυτού οι ανάγκες της καλλιέργειας σε νερό καθορίζονται από την ποικιλία και την περιοχή καλλιέργειας και είναι συνήθως από 800 έως 1200 mm (Παπακώστα-Τασοπούλου, 2012). Οι όρθιοι τύποι αραχίδας είναι πιο καλά προσαρμοσμένοι στην άρδευση σε αντίθεση με τους έρποντες τύπους που μέσω της άρδευσης έχουν μεγαλύτερη βλαστική ανάπτυξη με αποτέλεσμα αύξηση του κόστους και των ασθενειών.

Επιπλέον, η ποσότητα άρδευσης εξαρτάται από την υφή, τις συνθήκες του περιβάλλοντος, την πρωιμότητα της ποικιλίας και την πυκνότητα σποράς. Οι μέγιστες αποδόσεις της καλλιέργειας επιτυγχάνονται όταν το ποσοστό υδατοϊκανότητας σε βάθος 90 εκατοστών δεν πέφτει από το 25%. Η άρδευση πριν από την σπορά είναι εξίσου απαραίτητη για την επίτευξη μεγάλων αποδόσεων. Οι αρδεύσεις ανά τακτά μικρά χρονικά διαστήματα δεν είναι αποτελεσματικές και ευνοούν τις ασθένειες του ριζικού συστήματος, των βλαστών και των λοβών (Weiss, 2000).

Τα προτινόμενα συστήματα άρδευσης είναι τα εξής:

Στάγδην άρδευση:

Παρέχει νερό απευθείας στη ζώνη της ρίζας, ελαχιστοποιώντας τη σπατάλη νερού και μειώνοντας τον κίνδυνο ασθενειών από μύκητες. Εξασφαλίζει σταθερά επίπεδα υγρασίας, προάγοντας την υγιή ανάπτυξη των φυτών και μεγιστοποιώντας την απόδοση. Επιπλέον, η στάγδην άρδευση επιτρέπει την ακριβή διαχείριση νερού και των συστατικών, βελτιώνοντας την αποδοτικότητα των πόρων και μειώνοντας το κόστος παραγωγής.

Άρδευση με αυλάκια:

Η άρδευση με αυλάκια περιλαμβάνει τη δημιουργία ρηχών καναλιών (αυλάκια) μεταξύ των σειρών των καλλιεργειών και την πλημμύρα τους με νερό. Αν και είναι λιγότερο αποδοτική ως προς το νερό από την στάγδην άρδευση, η άρδευση με αυλάκι

είναι κατάλληλη για καλλιέργεια αραχίδων σε επίπεδο ή με ήπια κλίση εδάφους. Η σωστή διαχείριση και δημιουργία των αυλακιών είναι απαραίτητη για την ελαχιστοποίηση της απώλειας νερού μέσω της απορροής και τη διασφάλιση της ομοιόμορφης κατανομής της υγρασίας σε όλο το χωράφι.

Πολυμπέκ τεχνητής βροχής (ράμπα):

Είναι μία προσομοίωση φυσικών βροχοπτώσεων και είναι κατάλληλο για καλλιέργεια αραχίδων σε περιοχές με περιορισμένη διαθεσιμότητα νερού ή ανώμαλο έδαφος. Ωστόσο, η άρδευση με ψεκασμό μπορεί να αυξήσει τον κίνδυνο ασθενειών των φυλλωμάτων εάν συσσωρευτεί νερό στο φύλλωμα. Ο σωστός προγραμματισμός και η παρακολούθηση είναι μεγάλης σημασίας για την πρόληψη της υπερβολικής υγρασίας.

Αισθητήρες υγρασίας και παρακολούθησης:

Η χρήση αισθητήρων υγρασίας και εργαλείων παρακολούθησης επιτρέπει στους αγρότες να αξιολογούν με ακρίβεια τα επίπεδα υγρασίας του εδάφους και να προγραμματίζουν την άρδευση με βάση τις ανάγκες των φυτών. Τα δεδομένα σε πραγματικό χρόνο βοηθούν στη βελτιστοποίηση του προγραμματισμού άρδευσης, αποτρέποντας την υποβάθμιση ή το υπερβολικό πότισμα και ελαχιστοποιώντας τη σπατάλη νερού. Η ενσωμάτωση της τεχνολογίας στη διαχείριση της άρδευσης ενισχύει την αποδοτικότητα και την παραγωγικότητα, ενώ παράλληλα εξοικονομεί υδάτινους πόρους (n.n, 2024).

2.6 Θρέψη

Η αραχίδα ως ψυχανθές φυτό δεσμεύει άζωτο από την ατμόσφαιρα όταν υπάρχουν οι κατάλληλες συνθήκες, οι ρίζες του φυτού συμβιώνουν με το βακτήριο ριζόβιο που δεσμεύει το N και το μετατρέπει σε $N-NH_4^+$ και στη συνέχεια προσλαμβάνεται. Η ποσότητα δέσμευσης του αζώτου εξαρτάται από την ποικιλία, το είδος του ριζοβίου και τις εδαφικές συνθήκες. Η δέσμευση αυτή του N στις κατάλληλες συνθήκες καλύπτει περίπου το 90% των αναγκών του φυτού σε N. Λίπανση N σε καλλιέργεια αραχίδας πραγματοποιείται με 4 μονάδες σε εδάφη πτωχά. Επιπλέον, η καλλιέργεια απαιτεί και προσθήκη μεγάλων ποσοτήτων P και K. Το Ca στο έδαφος

είναι απαραίτητο κατά την ανάπτυξη των λοβών γιατί απορροφάται από το γυνοφόριο, με αποτέλεσμα την βελτίωση της ποιότητας του σπόρου.

2.7 Συγκομιδή, Ξήρανση και Αποθήκευση

Στην καλλιέργεια αραχίδας η συγκομιδή είναι δαπανηρή και δύσκολη, ενώ περιλαμβάνει σκάψιμο, αποθήκευση και αλώνισμα, ανάλογα με την μέθοδο συγκομιδής. Η μέθοδος συγκομιδής εξαρτάται από τον τύπο της αραχίδας. Η ανάπτυξη των λοβών γίνεται στη βάση του φυτού που παραλαμβάνονται με τράβηγμα από το έδαφος μαζί με το φυτό (Waliyar, et al., 2015). Η συγκομιδή περιλαμβάνει 3 επιμέρους φάσεις:

- i. Το τράβηγμα των λοβών μαζί με το φυτό μέσω μηχανών ή με το χέρι.
- ii. Την αποξήρανση των λοβών με τα φυτά.
- iii. Την παραλαβή των λοβών από τις ρίζες.

Όλες οι εργασίες πρέπει να γίνονται προσεκτικά και με κατάλληλες συνθήκες αποθήκευσης προς αποφυγή μόλυνσης από αφλατοξίνες, οι οποίες είναι μυκοτοξίνες. Η μέση παραγωγή λοβών στην Ελλάδα είναι περίπου 300 κιλά/στρέμμα στις μη αρδευόμενες καλλιέργειες και 600 κιλά/στρέμμα στις αρδευόμενες.

Οι λοβοί αραχίδας καθώς αναπτύσσονται υπόγεια μερικές φορές είναι δύσκολο να οριστεί η ωριμότητα και το κατάλληλο στάδιο για να εξαχθούν για συγκομιδή. Μία λύση είναι η εξαγωγή μερικών λοβών από το έδαφος για να γίνει έλεγχος ωριμότητας. Μία δεύτερη, και πιο πρακτική, είναι όταν τα φύλλα των φυτών γίνουν κίτρινα και αρχίσουν να πέφτουν, οι λοβοί να γίνονται δικτυωτοί, το εσωτερικό χρώμα του κύτους να είναι σκούρο και οι σπόροι να είναι εύκολο να χωρίσουν, τότε η παραγωγή είναι στο κατάλληλο στάδιο συγκομιδής. Αξίζει να αναφερθεί ότι το χρονοδιάγραμμα της συγκομιδής είναι πολύ κρίσιμο για την αραχίδα, καθώς η πρόωπη συγκομιδή μειώνει την απόδοση και την ποιότητα της καλλιέργειας, ενώ η καθυστερημένη συγκομιδή κάνει τους λοβούς να παραμένουν στο έδαφος ή/και να γίνουν επιρρεπείς σε ασθένειες, άρα να υπάρξουν απώλειες μετά την συγκομιδή.

Στις αναπτυσσόμενες χώρες η συγκομιδή γενικά γίνεται τραβώντας το φυτό ή σκάβοντας το φυτό χρησιμοποιώντας εξοπλισμό που έλκεται από μικρές μηχανές πλεόν. Τα φυτά πρέπει να τοποθετούνται με τις ρίζες προς τα πάνω, έτσι ώστε οι λοβοί

να στεγνώσουν πιο γρήγορα και ομοιόμορφα, πρέπει να μείνουν στο χωράφι για λίγες ημέρες, ανάλογα με τον καιρό. Μετά την ξήρανση, οι λοβοί διαχωρίζονται από τα φυτά εύκολα με μηχανές ή το χέρι. Τέλος, μετά τον αλωνισμό, οι σπόροι διαχωρίζονται με μηχανικό τρόπο και αποθηκεύονται σε ξηρό και αεριζόμενο μέρος (Vara Prasad et al, 2011).

2.8 Η καλλιέργεια της αραχίδας σε παγκόσμιο επίπεδο και στην Ελλάδα

Σύμφωνα με στοιχεία από την Διεθνή Οργάνωση Τροφίμων και Γεωργίας (FAO), η αραχίδα είναι μια καλλιέργεια αρκετά διαδεδομένη ιδίως σε χώρες με τροπικό κλίμα. Στον πίνακα 1. παραθέτονται τα συνολικά στρέμματα και η συνολική παραγωγή αραχίδας σε όλο τον κόσμο, όπου παρατηρείται ότι από το 2012 έως και το 2021 μόνο το έτος 2019 υπάρχει μια μικρή μείωση των στρεμμάτων ενώ τα υπόλοιπα έτη οι εκτάσεις για την καλλιέργεια της αραχίδας είναι ανοδική χρόνο με τον χρόνο. Η παραγωγή από την άλλη δεν είναι σε συνάρτηση με τις στρεμματικές εκτάσεις λόγω προφανών αστάθμητων παραγόντων και γι' αυτό το λόγο παρατηρούνται αυξομειώσεις στον πίνακα 1. Αξίζει βέβαια να σημειωθεί ότι τα έτη με τις καλύτερες παραγωγές στην δεκαετία αυτή είναι το 2018, το 2020 και το 2021.

Πίνακας 1. Συνολικές εκτάσεις και συνολική παραγωγή αραχίδας σε παγκόσμιο επίπεδο (σε στρέμματα και τόνους, αντίστοιχα)

Συνολικές εκτάσεις και συνολική παραγωγή αραχίδας σε παγκόσμιο επίπεδο (σε στρέμματα και τόνους, αντίστοιχα)									
2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Εκτάσεις σε στρμ.									
255.888 .710	272.607 .530	273.332 .820	265.051 .410	283.629 .060	293.230 .760	298.179 .330	294.314 .640	302.79 7.730	326.522 .060
Παραγωγή σε τόν.									
42.639. 069,74	47.067. 667,01	46.278. 203,54	45.179. 690,37	46.393. 098,03	48.738. 874,94	51.835. 036,68	49.241. 520,83	54.414. 487,7	54.490. 274,72

Όσον αφορά την καλλιέργεια σε εγχώριο επίπεδο, αντλήθηκαν επίσημα αναρτημένα στοιχεία από την ΕΛΣΤΑΤ (Ελληνική Στατιστική Αρχή) για την καλλιέργεια της αραχίδας την δεκαετία 2012 έως 2021 που αφορούν τις στρεμματικές εκτάσεις και την συνολική παραγωγή της αραχίδας ανά έτος στην Ελλάδα, και πιο ειδικά στην Θεσσαλία. Στην Ελλάδα η συγκεκριμένη καλλιέργεια δεν είναι τόσο διαδεδομένη, όμως την πιο μεγάλη στρεμματική έκταση και παραγωγή την έχουν σταθερά την δεκαετία 2012 με 2021 οι νομοί Σερρών και Ηλείας. Από την άλλη η Θεσσαλία συμμετέχει στην ετήσια παραγωγή αραχίδας με τον νομό κυρίως της Τρικάλων και δευτερευόντως με τους νομούς Λαρίσης και Καρδίτσας. Στον πίνακα 2. καταγράφονται οι εκτάσεις αραχίδας σε στρέμματα στην Ελλάδα και ειδικά στην Θεσσαλία ανά έτος. Από τον πίνακα 2. προκύπτει το συμπέρασμα ότι από το 2012 έως και το 2018 οι εκτάσεις της καλλιέργειας στην Ελλάδα αυξάνονταν κάθε χρόνο, ενώ από το 2018 έως και το 2021 που υπάρχουν στοιχεία η καλλιέργεια έχει σημαντική μείωση στρεμμάτων. Αντίθετα, στην Θεσσαλία η καμπύλη είναι αυξητική κατά τα έτη 2012 έως και 2016, ενώ από το 2016 έως και το 2021 παρατηρούνται συνεχόμενες αυξομειώσεις στρεμμάτων.

Πίνακας 2. Εκτάσεις αραχίδας συνολικά στην Ελλάδα και ειδικά στην Θεσσαλία ανά έτος (σε στρέμματα)

Εκτάσεις αραχίδας συνολικά στην Ελλάδα και ειδικά στην Θεσσαλία ανά έτος (σε στρέμματα)									
2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Ελλάδα									
6.682	6.771	7.568	7.796	13.284	14.781	15.289	14.236	13.072	11.480
Θεσσαλία									
35	69	541	671	874	542	524	384	430	546

Στον πίνακα 3. αναφέρονται στοιχεία της ετήσιας παραγωγής συνολικά της Ελλάδας και της Θεσσαλίας. Όπως και στον προηγούμενο πίνακα 2. παρατηρείται αυξομείωση της παραγωγής αραχίδας, κάτι το οποίο είναι απολύτως φυσιολογικό αν αναλογιστεί κανείς τους διάφορους αστάθμητους παράγοντες (μείωση στρεμμάτων, καιρικές συνθήκες, εδαφολογικοί παράγοντες, μικροκλίμα, προσβολές, κ.ά) που

επηρεάζουν την παραγωγή κάθε χρόνο. Επομένως, συνολικά στην Ελλάδα από το έτος 2012 έως το 2021 η παραγωγή αραχίδας τα έτη 2012 έως 2018 έχει αυξητική τάση, ενώ τα έτη 2019 έως 2021 η παραγωγή είναι ολοένα και πιο μειωμένη. Στην Θεσσαλία βέβαια η παραγωγή είναι σημαντικά μειωμένη τα έτη 2012 και 2013, 2019 και 2020.

Πίνακας 3. Παραγωγή αραχίδας συνολικά στην Ελλάδα και ειδικά στην Θεσσαλία ανά έτος (σε τόνους)

Παραγωγή αραχίδας συνολικά στην Ελλάδα και ειδικά στην Θεσσαλία ανά έτος (σε τόνους)									
2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Ελλάδα									
2.465	2.528	2.693	2.868	3.965	4.567	4.735	4.475	4.273	3.835
Θεσσαλία									
11	23	161	226	267	162	134	88	96	131

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΤΟ

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗΣ ΚΑΙ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

3.1 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗΣ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Σε αυτό το κεφάλαιο γίνεται εκτενής αναφορά σε πειράματα που έγιναν σε όλο τον κόσμο και αφορούν τις εδαφικές συνθήκες της αραχίδας. Κάθε πείραμα αποτελεί και μία διαφορετική έρευνα.

Σε πείραμα καλλιέργειας αραχίδας που πραγματοποιήθηκε στη Ζιμπάμπουε, μελετήθηκε η επίδραση διαφορετικών ασβεστούχων υλικών στην αφομοιωσιμότητα των θρεπτικών, στο εδαφικό pH και στην ποσοτική παραγωγή της αραχίδας. Το πείραμα πραγματοποιήθηκε σε αμμώδες έδαφος και σε όξινο pH στον πειραματικό κέντρο Makoholi και στο Ερευνητικό Κέντρο Οπωροκηπευτικών της Ζιμπάμπουε. Το πείραμα περιελάμβανε τέσσερις μεταχειρίσεις διαφορετικών ασβεστούχων υλικών με διαφορετικές ποσότητες εφαρμογής, πιο συγκεκριμένα έγινε εφαρμογή ασβεστικού ασβεστόλιθου που περιέχει κυρίως ανθρακικά άλατα του Ca, δολομιτικός ασβεστόλιθος που περιέχει και $MgO > 15\%$, γύψος ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$) και μονό υπερφωσφορικό που είναι μίγμα $Ca(H_2PO_4)_2$ και $CaSO_4$ (Murata et al., 2002).

Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η εφαρμογή της γύψου και των υπερφωσφορικών δεν είχε καμία επίδραση στο εδαφικό pH, ενώ η εφαρμογή τόσο του δολομιτικού όσο και του ασβεστικού ασβεστόλιθου αύξησε σημαντικά το εδαφικό pH και το εναλλακτικό Ca και Mg. Ο συνδυασμός γύψου, υπερφωσφορικών και δολομιτικού ασβεστόλιθου δεν είχαν καμία επίδραση στο εδαφικό pH. Επιπλέον, η εφαρμογή του δολομιτικού και του ασβεστικού ασβεστόλιθου αύξησε τα επίπεδα του Ca και Mg, ενώ η εφαρμογή της γύψου και των υπερφωσφορικών δεν έδειξε καμία επίδραση στα επίπεδα του Ca και Mg. Επίσης η προσθήκη όλων των υλικών δεν έδειξε καμία επίδραση στα επίπεδα του K, P και του N στο έδαφος. Όσον αφορά την απόδοση της καλλιέργειας η εφαρμογή δολομιτικού και ασβεστικού ασβεστόλιθου αύξησαν την απόδοση με την μεγαλύτερη αύξηση να παρατηρείται στην προσθήκη του ασβεστικού ασβεστόλιθου, ενώ η προσθήκη γύψου δεν έδειξε μεταβολές στην απόδοση σε

σύγκριση με τον μάρτυρα. Συμπερασματικά, τα αποτελέσματα του πειράματος έδειξαν ότι η κακή ανάπτυξη της καλλιέργειας αραχίδας οφείλεται στο χαμηλό εδαφικό pH στα αμμώδη εδάφη παρά τις αλλαγές που παρατηρήθηκαν στις χημικές ιδιότητες του εδάφους (Murata et al., 2002).

Σε πείραμα σποράς αραχίδας που διεξήχθη στην Γεωπονική σχολή του Πανεπιστημίου Ndele στο Rivers State της Νιγηρίας μελετήθηκε η επίδραση μολυσμένου εδάφους με αργό πετρέλαιο στην απόδοση της αραχίδας και στις χημικές ιδιότητες του εδάφους. Το έδαφος του πειράματος ήταν αμμώδες, με μέσο ετήσιο ύψος βροχής περίπου 3000mm. Για την πραγματοποίηση του πειράματος έγινε συλλογή αρκετών δειγμάτων εδάφους από 10 kg που τοποθετήθηκαν σε σάκους πολυαιθυλενίου πριν την σπορά του αραχιδόδπορου. Στους σάκους προστέθηκαν 10 ml, 20 ml και 40 ml αργό πέτρελαιο, δηλαδή τρεις μεταχειρίσεις και ο μάρτυρας. Σε κάθε σάκο σπάρθηκαν τρεις σπόροι και στη συνέχεια το πείραμα μετά την βλάστηση τοποθετήθηκαν σε τυχαιοποιημένη σχεδίαση (Ezegbogu et al., 2023).

Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η αύξηση του ποσοστού της δόσης του αργού πετρελαίου μείωσε σημαντικά το ποσοστό βλάστησης, την επιφάνεια των φύλλων και την απόδοση των λοβών της αραχίδας. Στην προσθήκη 40 ml αργού πετρελαίου, η βλαστική ανάπτυξη και η απόδοση του φυτού αραχίδας μειώθηκε σημαντικά σε σύγκριση με τον μάρτυρα. Παρατηρήθηκε, ότι το εδαφικό pH αυξήθηκε με την αύξηση του ποσοστού προσθήκης του αργού πετρελαίου, ενώ στον μάρτυρα μειώθηκε. Επίσης, κατά τη φύτευση, η αύξηση των ποσοστών αργού πετρελαίου αύξησε σημαντικά την ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων και το ποσοστό κορεσμού της βάσης σε σύγκριση με τον έλεγχο. Η συγκέντρωση του αργού πετρελαίου δεν επηρέασε σημαντικά τον φώσφορο και το κάλιο κατά τη φύτευση. Επιπλέον, κατά την συγκομιδή η αύξηση του ποσοστού προσθήκης του αργού πετρελαίου είχε ως αποτέλεσμα την αύξηση του εδαφικού pH, της ΟΟ και του βαθμού κορεσμού ως προς τα βασικά κατιόντα, αλλά και την μείωση του φωσφόρου, καλίου, της ικανότητας ανταλλαγής κατιόντων και της ηλεκτρικής αγωγιμότητας. Τέλος, οι ερευνητές συνιστούν επιπλέον μελέτες σε παρόμοιες συνθήκες για τον προσδιορισμό της χημικής σύνθεσης του φυτού αραχίδα κατά την συγκομιδή (Ezegbogu et al., 2023).

Μία μελέτη διεξήχθη στην περιοχή Mtware, η οποία είναι γνωστή ως δυναμική περιοχή για την παραγωγή αραχίδων Bambara στη νοτιοανατολική Τανζανία, για την αξιολόγηση της κατάστασης της γονιμότητας των εδαφών με σκοπό την βελτίωση της

και την αύξηση της παραγωγής του φυτικού Bambara. Η εντατική καλλιέργεια στην περιοχή χωρίς την σωστή διαχείριση έχει οδηγήσει στην μείωση των θρεπτικών. Η μέση ετήσια βροχόπτωση στην περιοχή είναι περίπου από 800-1300mm, ενώ η μέση ετήσια θερμοκρασία είναι από 24-26 °C. Ελήφθησαν δείγματα από τα χωράφια και ακολούθησε φυσικοχημική ανάλυση των εδαφών (Tenga et al., 2018).

Τα αποτελέσματα της μελέτης έδειξαν ότι τα περισσότερα εδάφη ήταν αμμοπηλώδη (64%), πηλλοαμμώδη (27%) και αμμοαργιλώδη (9%). Το pH των εδαφών ήταν από πολύ όξινο μέχρι μέτρια όξινο. Περίπου το 30% των εδαφών είχε πολύ χαμηλή ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων, ενώ σε όλα τα εδάφη δεν υπήρχε κίνδυνος νατρίωσης του εδάφους. Επίσης, όλα σχεδόν τα εδάφη είχαν χαμηλό ποσοστό οργανικής ουσίας, αφομοιώσιμου P, ενναλακτικού K, εναλλακτικού Ca και ενναλακτικού Mg. Επιπλέον, σχεδόν όλα τα εδάφη είχαν επαρκή επίπεδα εκχυλίσμου Fe και Mn. Συγκεντρωτικά, η περιοχή της μελέτης έδειξε χαμηλή γονιμότητα των εδαφών όσον αφορά τα αφομοιώσιμα στοιχεία, όπως N, P, K Mg και Zn. Οι παραπάνω ερευνητές κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι αυτή η κατάσταση απαιτεί άμεση αναπλήρωση των εξαντλημένων θρεπτικών στοιχείων στο έδαφος. Επομένως, για την επίτευξη βιώσιμης φυτικής παραγωγής στην υπό μελέτη περιοχή, θα πρέπει να υιοθετηθεί η χρήση ανόργανων λιπασμάτων ή/και η αμειψισπορά για την ανακούφιση αυτής της χαμηλής γονιμότητας του εδάφους (Tenga et al., 2018).

Σε ένα πείραμα καλλιέργειας αραχίδας που πραγματοποιήθηκε στην περιοχή Cuddalore της Ινδίας το 2008 μελετήθηκε η επίδραση της ολοκληρωμένης παροχής θρεπτικών, μέσω οργανικών και ανόργανων πηγών στην παραγωγικότητα της καλλιέργειας. Σκοπός ήταν να βρεθούν οι κατάλληλοι συνδυασμοί οργανικών και ανόργανων πηγών των θρεπτικών με τις κατάλληλες δόσεις ανόργανων λιπασμάτων στην καλλιέργεια της αραχίδας για ένα αργιλοαμμώδες έδαφος. Το έδαφος του πειράματος ήταν αλκαλικό, με χαμηλή ηλεκτρική αγωγιμότητα, χαμηλή οργανική ουσία, χαμηλό αφομοιώσιμο P και μέτρια συγκέντρωση ενναλακτικού K. Το πείραμα περιελάμβανε διαφορετικά επίπεδα ανόργανης λίπανσης NPK, δηλαδή 100% με (1.7-3.4-5.4 kg N- P₂O₅-K₂O/στρέμμα) και 75% σύμφωνα με το πρόγραμμα, καθώς επίσης και διαφορετικές πηγές θρεπτικών, όπως εφαρμογή κοπριάς με 1.25 τόνους/στρέμμα, ιπτάμενη τέφρα (λεπτό υπόλειμμα από την καύση του κονιοποιημένου άνθρακα) με 1 τόνο/στρέμμα, χουμικό οξύ με 2 kg/στρέμμα που περιέχει επιπλέον 1kg B και 2.5 kg ZnSO₄/στρέμμα. Ειδικότερα, περιελάμβανε τις παρακάτω μεταχειρίσεις: Μάρτυρας

(χωρίς λίπανση); % NPK; 100% NPK και B; 100% NPK και $ZnSO_4$ και B; 100% NPK και κοπριά και B; 100% NPK και κοπριά και $ZnSO_4$ και B; 75% NPK και κοπριά και B και χουμικό οξύ; 75% NPK και κοπριά και $ZnSO_4$ και B και χουμικό οξύ; 75% NPK και κοπριά και B και ιπτάμενη τέφρα; 75% NPK και κοπριά και $ZnSO_4$ και B και ιπτάμενη τέφρα (Kamalakaran, 2017).

Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η εφαρμογή 75% των ανόργανων λιπασμάτων με το χουμικό οξύ, το B, τον $ZnSO_4$ και την κοπριά έδειξε την μεγαλύτερη απόδοση καρπού και την μεγαλύτερη παραγωγή ξηρής ουσίας. Επίσης τα αποτελέσματα αυτά έδειξαν ότι η ιπτάμενη τέφρα έδειξε πολύ χαμηλή απόδοση. Περαιτέρω, οι οργανικές κοπριές που ενσωματώνονται στο έδαφος υφίστανται ανοργανοποίηση, κατά τη διάρκεια αυτής οι πρωτεΐνες και οι υδατάνθρακες της διαδικασίας διασπώνται σε πολυσακχαρίτες, πολυουρενοειδή, αμινοξέα και χουμικά οξέα, είχε ως αποτέλεσμα την παραγωγή συστατικών επιταχυνόμενης ανάπτυξης (Kamalakaran, 2017).

Σε ένα πείραμα καλλιέργειας αραχίδας που πραγματοποιήθηκε στο Πανεπιστήμιο Annamalai της πολιτείας Ταμίλ Ναντού της Ινδίας το 2006 σε παράκτιο αμμώδες έδαφος, μελετήθηκε η επίδραση διαφορετικών επιπέδων B μαζί με οργανικά υλικά στην ανάπτυξη και στην απόδοση της αραχίδας. Το έδαφος του πειράματος ήταν αλκαλικό με υψηλή αλατότητα, πτωχό σε οργανική ουσία, αφομοιώσιμο P και εκχυλίσμο B, ενώ είχε μέτρια επίπεδα ενναλακτικού K. Στην παραγωγή της αραχίδας το βόριο διαδραματίζει ζωτικό ρόλο καθώς προωθεί την ανάπτυξη, την ποιότητα των λοβών και την απόδοση, σταματά την πτώση λουλουδιών και παίζει καθοριστικό ρόλο στην κυτταροδιαίρεση (Nayyar et al., 1990; Sudarsan και Ramaswami, 1993). Ειδικότερα, το πείραμα περιελάμβανε τις παρακάτω μεταχειρίσεις: Μάρτυρας (μόνο λίπανση NPK με (2.25-5.1-8.1 kg N- P_2O_5 - K_2O /στρέμμα); Η ίδια λίπανση NPK και κομποστοποιημένος κοκκοφοίνικας με 1.25 τόνους/στρέμμα και 1kg Βόρακα /στρέμμα; Η ίδια λίπανση NPK και η ίδια ποσότητα κομποστοποιημένου κοκκοφοίνικας και 1.5 kg Βόρακα /στρέμμα; Η ίδια λίπανση NPK και η ίδια ποσότητα κομποστοποιημένου κοκκοφοίνικας και 2.0 kg Βόρακα /στρέμμα; Η ίδια λίπανση NPK και η ίδια ποσότητα κομποστοποιημένου κοκκοφοίνικας και 2.5 kg Βόρακα /στρέμμα (Elayaraja, and Singaravel, 2010).

Τα αποτελέσματα του πειράματος έδειξαν ότι με την εφαρμογή του βορίου αυξήθηκε σημαντικά η απόδοση των λοβών αραχίδας. Όσο μεγαλύτερη η ποσότητα εφαρμογής του βορίου στο παράκτιο αμμώδες έδαφος, τόσο περισσότερη η παραγωγή

ξηρής ύλης και το ύψος του φυτού (Elayaraja, and Singaravel, 2010). Αυτά τα αποτελέσματα είναι σύμφωνα με τα ευρήματα του Balusamy et al. (1996) και Kumar et al. (1996). Επιπλέον, η βελτίωση των χαρακτηριστικών που προαναφέρθηκαν μπορεί να οφείλεται στην εφαρμογή NPK μαζί με το οργανικό υλικό σε συνδυασμό με την παρουσία βορίου, όπου ο συνδυασμός αυτός μπορεί να έχει αυξήσει την παραγωγή ξηράς ουσίας στα φυτά. Τα εφαρμοζόμενα θρεπτικά στοιχεία με την επίδρασή τους στο μεταβολισμό του κυττάρου, προώθησαν την μεριστωματική δραστηριότητα της καλλιέργειας και η καλύτερη απορρόφησή του θα είχε ως αποτέλεσμα την αυξημένη συσσώρευση ξηράς ουσίας. Το αποτέλεσμα που προέκυψε στην παρούσα έρευνα συμφωνεί και με τα ευρήματα του Deb (1997).

Η υψηλή οξύτητα του εδάφους μειώνει τη διαθεσιμότητα Ca και περιορίζει την παροχή N, P, K, S και Mg στα εδάφη (Ranjit et al., 2007), ενώ οδηγεί σε πτωχό γέμισμα των λοβών, μειώνοντας την απόδοση παραγωγής των αραχίδων (Meena et al., 2007). Οι πρακτικές διαχείρισης της άσβεστου και των λιπασμάτων είναι σημαντικές για τη σωστή διαχείριση των όξινων εδαφών. Απαιτείται βέλτιστο εδαφικό pH από 6,0–6,3 για να αποδώσει η αραχίδα στο μέγιστο. Εδαφικό pH < 5 μπορεί να τροποποιηθεί με εφαρμογή ασβέστου. Ο Sarker et al. (2014) ανέφερε ότι η συνδυασμένη εφαρμογή άσβεστου και φωσφόρου βελτίωσε την ανάπτυξη και την πρόσληψη των θρεπτικών στα φυτά που καλλιεργούνται σε όξινα εδάφη. Η ποσότητα εφαρμογής της άσβεστου εξαρτάται από τον τύπο της άσβεστου, τον τύπο του εδάφους και το βάθος εφαρμογής. Γενικά, απαιτείται περίπου 150kg ασβέστου/στρέμμα για να αυξηθεί το pH από 5,0 σε 6,5 (Madhan Mohan et al., 2013). Επιπλέον, για να βελτιωθεί η απόδοση καλλιεργειών σε τέτοια εδάφη, η προσθήκη φωσφόρου είναι ζωτικής σημασίας.

Σε πείραμα καλλιέργειας αραχίδας που πραγματοποιήθηκε στην νοτιοδυτική Αιθιοπία το 2021 μελετήθηκε η επίδραση εφαρμογής ασβέστου και φωσφόρου στην ανάπτυξη και απόδοση της αραχίδας σε ισχυρά όξινο έδαφος. Καλλιεργήθηκε η ποικιλία αραχίδας Shulaniz. Η μέση ετήσια βροχόπτωση στην περιοχή είναι περίπου 1200mm και υψόμετρο περίπου 1000m. Το έδαφος του πειράματος είναι αμμοπηλώδη με καλή δομή, πλούσιο σε οργανική ουσία και πτωχό σε αφομοιώσιμο P. Το πείραμα περιελάμβανε 4 μεταχειρίσεις εφαρμογής CaCO₃ με (0, 200, 400 και 600) kg/στρέμμα σε βάθος 20cm και 4 μεταχειρίσεις εφαρμογής P με (2.3, 4.6 και 6.9) kg P₂O₅/στρέμμα (Bekele et al., 2023).

Τα αποτελέσματα αυτής της μελέτης έδειξαν ότι η εφαρμογή ασβέστου και ανόργανου P, καθώς και η τοποθεσία δεν είχαν σημαντική επίδραση στις φαινολογικές παραμέτρους της καλλιέργειας αραχίδων. Ενώ οι παράμετροι ανάπτυξης (μέσο ύψος φυτού, αριθμός αρχικών κλαδιών, κ.ά.) επηρεάστηκαν σημαντικά από την ποσότητα εφαρμογής της ασβέστου. Η αλληλεπίδραση της ασβέστου και της λίπανσης P είχε πολύ σημαντικές επιπτώσεις στους ώριμους λοβούς του φυτού, στις αποδόσεις των λοβών του αραχίδα, στην ποιότητα των κόκκων (περιεκτικότητα σε λάδι και πρωτεΐνη). Συγκεντρωτικά, το αποτέλεσμα αυτής της μελέτης συνιστά στους χρήστες να χρησιμοποιούν μια συνδυασμένη εφαρμογή 400kg ασβέστου/στρέμμα και 4.6 kg P₂O₅/στρέμμα για την παραγωγή αραχίδων στην περιοχή μελέτης ή σε περιοχές με παρόμοια χαρακτηριστικά (Bekele et al., 2023).

Στην μελέτη αυτή μελετήθηκε η επίδραση της διακύμανσης του pH στην ανάπτυξη των φυτών αραχίδα με την μέθοδο ημιδομημένων συντεντεύξεων συλλογής πληροφοριών. Οι ημιδομημένες συνεντεύξεις χρησιμεύουν ως η κύρια μέθοδος συλλογής δεδομένων, δίνοντας τη δυνατότητα στους ερευνητές να συγκεντρώσουν πλούσιες και λεπτομερείς πληροφορίες από άτομα με εξειδίκευση σε σχετικούς τομείς όπως η γεωπονία, η εδαφολογία και η φυσιολογία των φυτών (Rusmayadi and Safruddin, 2024).

Τα άτομα που πάρθηκαν οι συνεντεύξεις τόνισαν την κρίσιμη επίδραση του pH στην παραγωγικότητα της αραχίδα. Η πλειοψηφία τόνισε τη σημασία διατήρησης των βέλτιστων επιπέδων του pH από 6,0 έως 7,0 για την μεγιστοποίηση της απόδοσης και της ποιότητας των λοβών της αραχίδα. Σημείωσαν ότι αποκλίσεις από αυτό το εύρος θα μπορούσαν να επηρεάσουν την διαθεσιμότητα των θρεπτικών, την υγεία των ριζών και τη ευρωστία των φυτών. Αρκετά άτομα παρατήρησαν μια συσχέτιση μεταξύ του όξινου pH (< 6,0) και της μειωμένης απόδοσης των αραχίδων, αποδίδοντας αυτό στην τοξικότητα του Al⁺⁺⁺ και στην στερέωση του φωσφόρου. Αντίθετα, τα αλκαλικά εδάφη (> 7,0) συσχετίστηκαν με ελλείψεις μικροθρεπτικών και μειωμένη πρόσληψη θρεπτικών, που οδηγεί σε χαμηλή απόδοση παραγωγής. Στις συνεντεύξεις τους οι αγρότες και οι γεωπόνοι εξέφρασαν ανησυχίες για τις επιζήμιες επιπτώσεις των ακραίων τιμών pH στην ανάπτυξη των αραχίδων, αναφέροντας περιπτώσεις όπου η κακή διαχείριση του pH οδήγησε σε σημαντικές απώλειες απόδοσης και ποιότητα της καλλιέργειας.

Συμπερασματικά, η έρευνα καταλήγει στο συμπέρασμα ότι η ποιοτική ανάλυση που διεξήχθη παρέχει πληροφορίες για τις επιδράσεις της διακύμανσης του εδαφικού pH στην ανάπτυξη των φυτών αραχίδας, υπογραμμίζοντας την δυναμική αλληλεπίδρασης εδάφους-φυτών. Τα ευρήματα υπογραμμίζουν την σημασία διατήρησης των βέλτιστων επιπέδων pH για την μεγιστοποίηση της απόδοσης και της ποιότητας των λοβών, καθώς και για την διαθεσιμότητα των θρεπτικών και την μικροβιακή δυναμική. Οι προκλήσεις στην διαχείριση του pH του εδάφους, υπογραμμίζουν την ανάγκη για στοχευμένη εκπαίδευση και προσπάθειες προβολής προώθησης πρακτικών βιώσιμης διαχείρισης του εδάφους. Ωστόσο, οι ευκαιρίες για καινοτομία, όπως η υιοθέτηση γεωργίας ακριβείας προσφέρουν πολλά υποσχέσεις για τη βελτίωση της διαχείρισης του εδαφικού pH (Rusmayadi and Safruddin, 2024).

3.2 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Τα συμπεράσματα που προκύπτουν από τα δεδομένα του προηγούμενου κεφαλαίου είναι:

Τα αμμοπηλώδη εδάφη προτιμώνται περισσότερο για την καλλιέργεια των αραχίδων. Αυτά τα εδάφη επιτρέπουν την καλή διείσδυση του ριζικού συστήματος το οποίο είναι απαραίτητο για την ανάπτυξη φυτών αραχίδας και το σχηματισμό υγιών λοβών. Η σωστή αποστράγγιση του εδάφους είναι ζωτικής σημασίας για την καλλιέργεια αραχίδων. Να σημειωθεί ότι τα κακώς στραγγιζόμενα εδάφη μπορούν να οδηγήσουν σε υπερχειλίση, επηρεάζοντας αρνητικά την ανάπτυξη της καλλιέργειας και αυξάνοντας σαφώς τον κίνδυνο ασθενειών. Η εξασφάλιση επαρκούς αποστράγγισης του εδάφους ή η εφαρμογή μέτρων όπως τα υπερυψωμένα στρώματα μπορεί να βοηθήσει στην πρόληψη της υπερχειλίσης.

Στην παραγωγή της αραχίδας το βόριο διαδραματίζει ζωτικό ρόλο καθώς προωθεί την ανάπτυξη, την ποιότητα των λοβών και την απόδοση. Τα άνθη έχουν καλύτερο δέσιμο, επίσης σταματά την πτώση λουλουδιών και παίζει καθοριστικό ρόλο στην κυτταροδιαίρεση. Με την εφαρμογή βορίου στις καλλιέργειες θα αυξηθεί σημαντικά η απόδοση των λοβών αραχίδας. Συγκεκριμένα, όσο μεγαλύτερη η ποσότητα του βορίου και ειδικά σε αμμώδη εδάφη, τόσο περισσότερη η παραγωγή ξηρής ύλης και το ύψος του φυτού.

Η διατήρηση των βέλτιστων επιπέδων pH του εδάφους εντός του εύρους από 6,0 έως 7,0 είναι υψίστης σημασίας για την μεγιστοποίηση των αποδόσεων καθώς και της ποιότητας των λοβών της αραχίδας. Πιθανές αποκλίσεις από αυτό το βέλτιστο εύρος pH θα μπορούσαν να επηρεάσουν σημαντικά την διαθεσιμότητα θρεπτικών στοιχείων, την υγεία των ριζών και γενικότερα την συνολική ευρωστία των φυτών.

Όταν τα εδάφη είναι έντονα όξινα υπάρχει κίνδυνος περιορισμού της διαθεσιμότητας ορισμένων θρεπτικών συστατικών, όπως είναι το N, ο P, το K, το Ca και το Mg που κατά συνέπεια επηρεάζουν την παραγωγή συνολικά. Επίσης, έγινε αντιληπτό ότι η υψηλή οξύτητα των εδαφών μειώνει την διαθεσιμότητα του Ca και περιορίζει την παροχή N, P, K, S και Mg στα εδάφη, με αποτέλεσμα το γέμισμα των λοβών να είναι φτωχό, άρα να υπάρχει μείωση τελικά στην απόδοση παραγωγής των αραχίδων.

Άλλη μία παρατήρηση που προέκυψε που σχετίζει ένα όξινο έδαφος ($\text{pH} < 6,0$) με την μειωμένη απόδοση των αραχίδων είναι το γεγονός πως αυτό οφείλεται στην τοξικότητα του Al και στην στερέωση του φωσφόρου. Αντίθετα, σε αλκαλικά εδάφη ($\text{pH} > 7,0$) παρατηρήθηκαν ελλείψεις μικροθρεπτικών συστατικών και μειωμένη αποτελεσματικότητα πρόσληψης θρεπτικών στοιχείων, που οδηγεί σε καθυστερημένη ανάπτυξη και εξίσου χαμηλή απόδοση παραγωγής.

Αξίζει, επίσης, να σχολιαστεί ότι η εφαρμογή λιπάσματος άσβεστου και ορυκτού φωσφόρου, καθώς και η τοποθεσία δεν επηρεάζουν σημαντικά τις φαινολογικές παραμέτρους της καλλιέργειας αραχίδων. Όμως ο ρυθμός εφαρμογής της άσβεστου επηρέασε σε μεγάλο βαθμό το μέσο ύψος του φυτού και τον αριθμό αρχικών κλαδιών. Η αλληλεπίδραση της άσβεστου και του ορυκτού λιπάσματος φωσφόρου έχει πολύ σημαντικές επιπτώσεις στους συνολικούς και ώριμους λοβούς του φυτού, στις αποδόσεις των λοβών του αραχίδα και στις μέγιστες ποιότητες κόκκων (περιεκτικότητα σε λάδι και πρωτεΐνη).

Βιβλιογραφία

- Allen, L. H., 2013, Legumes, Encyclopedia Of Human Nutrition (Third Edition), pp. 74-79, <https://tinyurl.com/26d4puxs>.
- Inbar, A., Lado, M., Sternberg, M., Tenau, H., & Ben-Hur, M. (2014). Forest fire effects on soil chemical and physicochemical properties, infiltration, runoff, and erosion in a semiarid Mediterranean region. *Geoderma*, 221, 131-138.
- Bekele, G., Birhanu, T., & Terefe, F. (2023). Growth, yield, yield components, and grain qualities of groundnut (*Arachis hypogaea* L.) as affected by liming and phosphorus rates in southwest Ethiopia. *Oil Crop Science*, 8(3), 165-173.
- Bennett, J. G., Brown, L. C., Geddes, A. M. W., Hendy, C. R. C., Lavelle, A. M., Sewell, L. G., Rose and Innes, R., 1979, Mtwara/Lindi intergrated development programme, Report of the Zonal Survey Team, phase 2. The physical Environment., Land Resource Development Centre, Surrey, England.
- Birch, H. F. and Friend, M. T., 1956, The organic matter and nitrogen status of East African soils. *J. Soil Sci.* 7, pp. 156-167.
- Boote, K. J., Pattee, H. E. and Young, C. T., 1982, In *Peanut Science and Technology*, Eds., pp. 170. Amer. Peanut Res. Education Soc. Texas, USA.
- Bronick, C. J., & Lal, R. (2005). Soil structure and management: a review. *Geoderma*, 124(1-2), 3-22.
- Bullock, P., 2005, Climate Change Impacts, pp. 254-262, <https://tinyurl.com/cwy348zx>
- Burns, R. G., DeForest, J. L., Marxsen, J., Sinsabaugh, R. L., Stromberger, M. E., Wallenstein, M. D., Weintraub, M. N. and Zoppini, A., 2013, Soil enzymes in a changing environment: Current knowledge and future directions, *Soil Biology and Biochemistry* 58, pp. 216-234,
- Cetin, B., Ozer, H., & Kuscu, H. A. Y. R. E. T. T. İ. N. (2004). Economics of drip irrigation for apple (*Malus domestica*) orchards in Turkey. *New Zealand journal of crop and horticultural science*, 32(4), 349-354.
- Chamorro-Martínez, Y., Torregroza-Espinosa, A. C., Pallares, M. I. M., Osorio, D. P., Paternina, A. C., & Echeverría-González, A. (2022). Soil macrofauna, mesofauna and microfauna and their relationship with soil quality in agricultural areas in northern Colombia: ecological implications. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 46, e0210132.

- Cilliers, A. J., n.d., Groundnut production; A concise guide, <https://tinyurl.com/2tkh3k66> .
- Craufurd, P. Q., Prasad, P. V., & Summerfield, R. J. (2002). Dry matter production and rate of change of harvest index at high temperature in peanut. *Crop Science*, 42(1), 146-151.
- Deb, D. L. (1997). Micronutrient research and crop production in India. *Journal of the Indian Society of Soil Science*, 45(4), 675-692.
- Delgado-Baquerizo, M., Reich, P. B., Trivedi, C., Eldridge, D. J., Abades, S., Alfaro, F. D., Bastida, F., Berhe, A. A., Cutler, N. A., Gallardo, A., García-Velázquez, L., Hart, S. C., Hayes, P. E., He, J., Hseu, Z., Hu, H., Kirchmair, M., Neuhauser, S., Pérez, C. A., Reed, S. C., Santos, F., Sullivan, B. W., Trivedi, P., Wang, J., Weber-Grell, L., Williams, M. A. and Singh, B. K., 2020. Multiple elements of soil biodiversity drive ecosystem functions across biomes. *Nature ecology & evolution*, 4(2), 210-220.
- Deller, B. (1981). Determination of exchangeable acidity, carbonate ions and change of buffer in triethanolamine-buffered solutions percolated through soil samples containing carbonates. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 12(2), 161-177.
- Dohrmann, R. (2006). Cation exchange capacity methodology I: An efficient model for the detection of incorrect cation exchange capacity and exchangeable cation results. *Applied Clay Science*, 34(1-4), 31-37.
- Elayaraja, D. and Singaravel, R., 2010, Evaluation of Boron Levels and Organics on Soil Nutrients and Yield of Groundnut in Coastal Sandy Soil. *Madras Agricultural Journal*, 97 (4-6), pp. 142-144.
- Ezegbogu, F. C., Ansa, J. E., & Iheaturu, D. E. (2023). Soil Chemical Properties and Performance of Groundnut (*Arachis hypogaea*) on Crude Oil Polluted Soil. *International Journal of Agriculture, Food and Biodiversity*, 2(2), 8-15.
- Fageria, N. K., Baligar, V. C. and Jones, C. A., 1997, Growth and mineral nutrition of field crops, Marcel Dekker, Inc. New York, pp. 476.
- FAO, 2008, Soil macrofauna Field manual Technical level.
- Fenton, M., Albers, C. and Ketterings, Q., 2008, Soil Organic Matter, Agronomy Fact Sheet Series, Fact Sheet 41, College of Agriculture and Life Sciences, Cornell University Cooperative Extension, pp. 1-2.

- Geiger, R., Aron, R. N. and Todhunter, P., 2003, The climate near the ground, Rownaan and little field publishers, Inc. Lanham, pp. 42-50.
- Gibbon, D. and Pain, A., 1985, Crops of the drier regions of the tropics, Longman group, UK limited, pp. 120-127.
- Gregory, W. C. and Gregory, M. P., 1986, Groundnuts; *Arachis hypogaea* in evolution of crop plants-ed Simmonds, Longman, London, pp. 155-154.
- Guzmán, A., Obando, M., Rivera, D. and Bonilla, R., 2012, Selección y caracterización de rizobacterias promotoras de crecimiento vegetal (RPCV) asociadas al cultivo de algodón (*Gossypium hirsutum*), Rev Colomb Biotecnol 14, pp. 182-190.
- IBOY, 2000, Soil macrofauna: an endangered resource in a changing world, Report of an international workshop held at IRD, Bondy (France), pp. 19–23, <http://www.bondy.ird.fr/lest/iboy/workshop-report.pdf>.
- Jadhav, Y., n.d, Groundnut Soil requirement, Soil preparation and Planting, <https://tinyurl.com/3nmz589p>.
- Jenny, H., 1941, Factors of Soil Formation, McGraw-Hill: New York.
- Jenny, H., Bingham, F. and Padilla-Sarava, B., 1948, Nitrogen and organic matter contents of equatorial soils of Colombia, S.A. Soil Sci. 66, pp. 173-186.
- Jenny, H., 1961a, Derivation of state factor equations of soils and ecosystems, Proc. Soil Sci. Soc. Am. 25, pp. 385-388.
- Jenny, H., Salem. A.E. and Wallis, J.R., 1968, Interplay of soil organic matter and soil fertility with state factors and soil properties, In ‘Study Week on Organic Matter and Soil Fertility’ pp. 5-36, Pontificae Academiae Scientiarum, Scripta Varia 31. (North Holland Publishing Co.: Amsterdam).
- Jones, C. G., Lawton, J. H. and Shachack, M., 1997, Positive and negative effects of organisms as physical ecosystem engineers, Ecology, 78(7), pp. 1946–1957.
- Kamalakaran, P. (2017). Effect of integrated plant nutrients supply through organic and inorganic sources on productivity of groundnut in loamy sand soil. Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry, 6(6S), 1182-1184.
- Kamphorst, A. and Bolt, G. H., 1976, Chapter 9 Saline and Sodic Soils, Developments in Soil Science (5), Part A, pp. 171-191, [https://doi.org/10.1016/S0166-2481\(08\)70638-X](https://doi.org/10.1016/S0166-2481(08)70638-X) .
- Keiser, A., Haeberli, M., Stamp, P., 2012, Quality deficiencies on potato (*Solanum tuberosum* L.) tubers caused by *Rhizoctonia solani*, wireworms (*Agriotes* ssp.)

- and slugs (*Deroceras reticulatum*, *Arion hortensis*) in different farming systems, *Field Crop Res* 128, pp. 147–155.
- Ketring, D. L., 1984, Temperature effects on vegetative and reproductive development of peanut, *Crop Sci.* 24, pp. 877-882.
- Kottek, M., Grieser, J., Beck, C., Rudolf, B., Rubel, F., 2006, World map of the köppen-geiger climate classification. *Meteorologische Zeitschrift*, pp. 259-263.
- Kumar, A., Singh, K. P., Singh, R. P. and Sarkar, A. K. 1996, Response of groundnut to boron application in acid sedentary soil, *J. Indian Soc. Soil Sci.*, 44, pp. 178-179.
- Laudelout, H., Meyer, J. and Peeters, A., 1960, Les relations quantitatives entre la teneur en matière organique du sol et le climat, *Agricultura, Louvain* 8, pp. 103-140.
- Lehnert, M., 2013, The soil temperature regime in the urban and suburban landscapes of Olomouc, *Moravian geographical reports* 21(3), pp. 27-36.
- Li, D., Tan, X. Y., Wu, X. D., Pan, C., & Xu, P. (2014). Effects of electrolyte characteristics on soil conductivity and current in electrokinetic remediation of lead-contaminated soil. *Separation and Purification Technology*, 135, 14-21.
- Litzenberger, S. C., 1976, Guide for field crops in the tropics and subtropics, Peace Corps Programme and Training Journal, pp. 14-20.
- Madhan Mohan, M. and Nigam, S. N., 2013, Principles and Practices for Groundnut Seed Production in India, Information Bulletin No. 94, International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics, Patancheru 502 324, Andhra Pradesh, India, p. 64.
- Meena, S., Malarkodi, M. and Senthilvalavan, P., 2007, Secondary and micronutrients for groundnut, A review *Agric. Rev.*, 28 (4), p. 1.
- Miles, A. and Brown, M., 2003, Teaching Organic Farming and Gardening, Resources for Instructors, University of California: Centre for Agro ecology and Sustainable Food Systems.
- Murata, M. R., Hammes, P. S., & Zharare, G. E. (2002). Soil amelioration effects on nutrient availability and productivity of groundnut on acid sandy soils of Zimbabwe. *Experimental agriculture*, 38(3), 317-331.
- Naidu, R. and Rengasamy, P., 1993, Ion interactions and constraints to plant nutrition in Australian sodic soils, *Soil Res.* 31, pp. 801-819.

- Nayyar, V. K., Takkar, P. N., Bansal, R. L., Singh, S. P., Kaur, N. P. and Sadama, U. S., 1990, Micronutrients in soils and crops on Punjab, Res. Bull. Department of Soils, Punjab Agric. Univ., Ludhiana.
- Pardini, G., Gispert, M. and Dunjo, G., 2004, Relative influence of wildlife in properties and erosion processes in different Mediterranean environments in N.E Spain Sci., Total environment, 328, pp. 237-246.
- Pino, V., McBratney, A., Fajardo, M., Wilson, N. and Deaker, R., 2019, Understanding soil biodiversity using two orthogonal 1000km transects across new south wales, Australia, Geoderma, 354, 113860.
- Purseglove, J. W., 1998, Tropical crops - Dicotyledon, Longman, pp. 225-235.
- Ramanatha Rao, V. and Murty, U. R., 1994, Botany – morphology and anatomy, In Smartt, J., (ed.) The groundnut crop, Chapman and Hall, London, pp. 43-95.
- Ranjit, R., Dasog, G. S. and Patil, P. L., 2007, Effect of lime and phosphorus levels on nutrient uptake by groundnut genotypes in acid soils of coastal agro eco system of Karnataka, Karnataka Journal of Agricultural Science, 20 (3), pp. 631-633.
- Rao, C. S., Grover, M., Kundu, S. and Desai, S., 2017, Soil Enzymes, Encyclopedia of Soil Science, Third Edition, Indian Council of Agricultural Research (ICAR), Hyderabad, India, pp. 2100-2106,
- Robinson, R. G., 1984, Peanut: A food crop for Minnesota, University of Minnesota, Agric. Expt. Sta. Buln.
- Ross, D. S. and Ketterings, Q., 2011, Recommended Methods for Determining Soil Cation Exchange Capacity, Chapter 9, pp. 75-84.
- Rowell, D. L., 1994, Soil Science: Methods and applications, Published by Pearson/Prentice Hall.
- Rusmayadi, G. and Safruddin, S., 2024, Effect of Soil pH Variation on Peanut Plant Growth, West Science Agro 2(02), pp. 63-69,
- Safaei, M., Bashari, H., Mosaddeghi, M. R. and Jafari, R., 2019, Assessing the impacts of land use and land cover changes on soil functions using landscape function analysis and soil quality indicators in semi-arid natural ecosystems, Catena 177, pp. 260-271.
- Sarker, A., Kashem, Md. A. and Osman, K. T., 2014, Influence of lime and phosphorus on growth performance and nutrient uptake by Indian spinach (*Basella alba* L.) grown in soil, Open J. Soil Sci., 4, pp. 98-102.

- Sharma, D. K., Singh, A. and Sharma, P. C., 2016, Role of ICARCSSRI in sustainable management of salt-affected soils achievements, current trends and future perspectives, In: Souvenir 4th International Agronomy Congress, 2016 (Eds. R. Prasad, G. Singh, R. L. Yadav and I.P.S. Ahlawat), Indian Society of Agronomy, pp. 91-103.
- Singh, G., 2009, Salinity related desertification and management strategies, Indian experience. *Land Degrad. Develop.* 20, pp. 367-385.
- Smith, J. L. and Doran, J. W., 1996, Measurement and use of pH and electrical conductivity for soil quality analysis, pp. 169-185. In J. W. Doran and A. J. Jones (ed.) *Methods for assessing soil quality*, Soil Science Society of America Spec. Publ. 49. SSSA, Madison, WI.
- Spain, A. V., Isbell, R. F. and Probert, M. E., 1983, Organic matter contents of Australian soils, in *Soils: An Australian Viewpoint*, (CSIRO, Melbourne/Academic Press, London), pp. 551-563,
- Steinweg, J. M., Dukes, J. S., Paul, E. A. and Wallenstein, M. D., 2013, Microbial responses to multifactor climate change: Effects on soil enzymes, *Front. Microbiol.* 4, pp. 146.
- Sudarasan, S. and Ramaswami, P. P. 1993, Micronutrient nutrition in groundnut – blackgram-cropping system, *Fert. News*, 38, pp. 51-57.
- Tenga, J. J., Semoka, J. M., Semu, E., & Msanya, B. M. (2018). Assessment of soil fertility status for Bambara Groundnut Production in South-eastern Tanzania. *International Journal of Plant & Soil Science*, 24(3), 1-13.
- Tweneboah, C. K., 2000, *Modern agriculture the tropics with special reference to Ghana*, Publisher-Cp – wood. pp. 189-190.
- United States Department of Agriculture - Natural Resources Conservation Service, n.d, *Soil Electrical Conductivity-Guides for Educators*, pp. 1-7.
- Usman, S., Muhammad, Y. and Maigana, A. C., 2016, Roles of soil biota and biodiversity in soil environment – A concise communication, *Eurasian J Soil Sci.*, 5 (4), pp. 255 – 265.
- Vara Prasad, P. V., Gopal Kakani, V. and Upadhyaya, H. D., 2011, Growth and Production of Groundnut, pp. 1-26, <https://tinyurl.com/tvfnn468>.
- Vernon, R. S. and van Herk, W. G., 2013, Wireworms as pests of potato, In: Giordanengo, P., Vincent, C., Alyokhin, A. (eds) *Insect pests of potato: global*

- perspectives on biology and management. Academic, Elsevier, Amsterdam, pp. 103–164.
- Waele, D. and Swanevelder, C. J., 2001, Crop production in tropical Africa, Goikink Graphic nv., Belgium, pp. 747-753.
- Waliyar, F., Osiru, M., Ntare, B. R., Vijay Krishna Kumar, K., Sudini, H., Traore, A., et al., 2015, Post-harvest management of aflatoxin contamination in groundnut, World Mycotoxin Journal Vol. 8, pp. 245-252.
- Weiss, E. A., 2000, Oilseed crop, Second edition, Blackwell Science, U.K., pp. 364.
- Wu, J. and Nofziger, D. L., 1999, Incorporating temperature effects on pesticide degradation into a management model, J. Environ. Qual. 28, pp. 92-100.
- Xia, T., Li, L., Li, B., Dou, P., 2022, Yang H. Heterotrophic bacteria play an important role in endemism of *Cephalostachyum pingbianense*, a full-year shooting woody bamboo, Forests 13, pp. 121.
- Θεριός, Ν. Ι. και Δημάση-Θεριού, Κ., 2013, Ειδική Δενδροκομία – Φυλλοβόλα Οπωροφόρα Δένδρα, Εκδόσεις Γαρταγάνη, Θεσσαλονίκη, σελ. 391-471.
- Μπιλάλης, Δ., Παπαστυλιανού, Π. - Θ. και Τραυλός, Η. Σ., 2019, Γεωργία – Φυτά Μεγάλης Καλλιέργειας, Εκδόσεις Πεδίο, Αθήνα, σελ. 60-85.
- Οιχαλιώτης, Κ., Γασπαράτος, Δ. και Μισοπολινός, Ν., 2011, Η φύση και οι ιδιότητες των εδαφών, ΕΜΒΡΥΟ, σελ. 410-413.
- Παπακώστα-Τασοπούλου, Δ., 2012, Ειδική Γεωργία – Σιτηρά και Ψυχανθή, Εκδόσεις Σύγχρονη Παιδεία, Θεσσαλονίκη, σελ. 647-675.
- <https://www.statistics.gr/el/statistics/-/publication/SPG06/2021>
- <https://www.statistics.gr/el/statistics/-/publication/SPG06/2020>
- <https://www.statistics.gr/el/statistics/-/publication/SPG06/2019>
- <https://www.statistics.gr/el/statistics/-/publication/SPG06/2018>
- <https://www.statistics.gr/el/statistics/-/publication/SPG06/2017>
- <https://www.statistics.gr/el/statistics/-/publication/SPG06/2016>
- <https://www.statistics.gr/el/statistics/-/publication/SPG06/2015>
- <https://www.statistics.gr/el/statistics/-/publication/SPG06/2014>
- <https://www.statistics.gr/el/statistics/-/publication/SPG06/2013>
- <https://www.statistics.gr/el/statistics/-/publication/SPG06/2012>
- <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>
- <https://tinyurl.com/2f8uhm2m>
- <https://tinyurl.com/47s9f524>